

**UNIVERSITAT
JAUME•I**

UNIVERSIDAD JAUME I

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO DE IMPLANTACIÓN DE DISTRICT HEATING DE BIOMASA PARA ABASTECIMIENTO DE SERVICIOS DE CALEFACCIÓN Y A.C.S DEL CENTRO DE TECNIFICACIÓN DEPORTIVA DE LA CIUDAD DE AMPOSTA (TARRAGONA)

TRABAJO DE FIN DE GRADO

AUTOR

Luis Felipe Ramírez Gamboa

DIRECTOR

Ramón Cabello López

Castellón de la Plana 20 de enero de 2020

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a mi madre Zoraida, la persona que más me ha apoyado para llegar hasta aquí, agradecer a mi hermana y a Daniel.

En segundo lugar, agradecer a mi alma Mater, la Universidad Jaume I, por darme la oportunidad de formarme académicamente y brindarme las herramientas de aprendizaje necesarias, para mi desarrollo profesional.

Agradecer también, a todo el profesorado de la Escuela Superior de Tecnologías y Ciencias Experimentales, por las enseñanzas a lo largo de estos años.

Agradecer a mis compañeros de clase en particular a mi mejor amigo Javi Cala.

Agradecimiento especial, a mi tutor Ramón Cabello López, quien indudablemente es el pilar fundamental de este trabajo.

Agradecer al Excmo. Ayuntamiento de Amposta, en especial al señor alcalde de Amposta, Adam Tomas por brindarme la oportunidad de hacer este proyecto en beneficio de la ciudad.

Finalmente, agradecer especialmente, a los ingenieros del ayuntamiento de Amposta, Jordi Caballe Estrada y Joan Carles Gonzales Conde, por toda la inmensa ayuda prestada para la realización de este proyecto.

Dedicatoria

“Dedico este trabajo final de grado a mi madre Zoraida, por haberme apoyado siempre, por enseñarme buenos valores, por motivarme cada día, enseñarme a luchar, a esforzarme y por sobre todo porque ella me ha dado lo mejor en esta vida...su amor incondicional”

Índice General

Índice de Abreviaturas.....	6
Índice de Ilustraciones.....	8
Índice de Tablas.....	9
Índice de Gráficos.....	10
Memoria.....	11
Anejos.....	135
Planos.....	298
Pliego de Condiciones.....	306
Presupuesto.....	368

Índice de Abreviaturas

<u>Abreviatura</u>	<u>Significado</u>
nZEB	nearly Zero Energy Building
ACS	Agua Caliente Sanitaria
UE	Unión Europea
CE	Conformité Européenne
PAES	Plan de Acción para la Energía Sostenible
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios
BOE	Boletín oficial del estado
PAV-2	Pabellón tipo 2
DH	District Heating
IDAE	Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía
CTETE	Centre de Tecnificació Esportiva Terres de l'Ebre
UTM	Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator
Wifi	Wireless Fidelity
Clima V2	Software para la determinación de la carga térmica máxima
PAV-1	Pabellón tipo 1
GenCat	Web oficial de la Generalitat de Catalunya
PAV-3	Pabellón tipo 3
DC	District Cooling
CTE	Código técnico de Edificación
DB SI	Documento Básico de Seguridad y Salud
DHC	District Heating & Cooling
PCI	Poder Calorífico Inferior

DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).
ICAEN	Instituto catalán de Energía
UNE	Una Norma Española
DB HE	Documento Básico de Ahorro y Energía
ITC BT	Instrucción Técnica Complementaria de baja tensión
LPAA	Ley de Protección del Ambiente Atmosférico
UNE-EN	Una Norma Española-European Norm
UNE-EN-ISO	Una Norma Española-European Norm-International Standarization Organization
PEAD	Polietileno Expandido de Alta Densidad
ZA 25	Zahorra artificial cernido ponderal acumulado 25 %
HM 20	Hormigón en masa resistencia a compresión 20 N/mm ²
HM 15	Hormigón en masa resistencia a compresión 15 N/mm
MINER	Ministerio de Energía de España
LGA	Línea General de Alimentación
DI	Derivación Individual
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)
NX	Niagara extended NX Software

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Esquema Red District Heating	4
Ilustración 2 Mapa de Amposta	6
Ilustración 3 Situación de los edificios	7
Ilustración 4 Ubicación de las calderas	8
Ilustración 5 Campo de futbol municipal de Amposta	8
Ilustración 6 Caldera de gas del Campo de fútbol	9
Ilustración 7 Piscina Municipal de Amposta	10
Ilustración 8 Caldera de la Piscina Municipal	10
Ilustración 9 Captadores solares de la piscina municipal	11
Ilustración 10 Residencia deportiva	12
Ilustración 11 Sala de calderas de la residencia deportiva	13
Ilustración 12 Terreno para el nuevo pabellón polideportivo	14
Ilustración 13 Pabellón Pav-2	15
Ilustración 14 Pabellón municipal	16
Ilustración 15 Terrenos previstos para la construcción de nuevos pabellones	19
Ilustración 16 Esquema Pabellón PAV1	20
Ilustración 17 Estructura de un Rocódromo	21
Ilustración 18 Pista de entrenamiento de atletismo	22
Ilustración 19 Esquema Pabellón PAV3	23
Ilustración 20 Red de calefacción urbana	24
Ilustración 21 Mapa UE de sistemas DH	25
Ilustración 22 Red District Heating	26
Ilustración 23 31 Zanjas	27
Ilustración 24 Esquema de subestación	28
Ilustración 25 Clasificación grupos de tuberías	31
Ilustración 26 Esquema de subestaciones en paralelo	31
Ilustración 27 Esquema subestación en sistema alemán	32
Ilustración 28 Esquema subestación en paralelo	32
Ilustración 29 Tipos de biomasa	34
Ilustración 30 Silo de obra para caldera de astilla	39
Ilustración 31 Perdidas de energía	57
Ilustración 32 Esquema de principio	69
Ilustración 33 Emplazamiento de la central de producción térmica	70
Ilustración 34 Caldera Hertz Firematic 399	72
Ilustración 35 Silo de almacenamiento	73
Ilustración 36 Alimentación del sistema	77
Ilustración 37 Modelo del silo de almacenamiento	77
Ilustración 38 Sistema de alimentación	78
Ilustración 39 Componentes y accesorios de una chimenea	79
Ilustración 40 Esquema de subestación	81
Ilustración 41 Depósitos de inercia	83
Ilustración 42 Ficha técnica Vaso de expansión N 1000/6	84
Ilustración 43 Ficha técnica vaso de expansión NG-80/6	84
Ilustración 44 Dimensionado de un colector según el diámetro del primario	86
Ilustración 45 Características tuberías LOGSTOR	88
Ilustración 46 Válvulas de seguridad y/o venteo	88
Ilustración 47 Válvula de corte + drenaje /venteo	89
Ilustración 48 Esquema Disposición en zanja	89
Ilustración 49 Grafico distancia en función de la dilatación (mm)	90

Ilustración 50 Almohadillas de expansión	91
Ilustración 51 Subestación térmica	94
Ilustración 52 Arquitectura del sistema de regulación para District Heating	105
Ilustración 53. Caldera Herz Firematic 399. Fuente	181
Ilustración 54. Dimensiones de la Sala de Calderas y Silo	186
Ilustración 55. Características Bomba Primario Caldera	187
Ilustración 56. Características Bomba Primario Intercambiador	188
Ilustración 57. Características Bomba Circuito I	188
Ilustración 58. Características Bomba Circuito II	189
Ilustración 59. Esquema Tramos de la Red DH Del CTD de Amposta	227

Índice de Tablas

Tabla 1 Nomenclatura de los edificios	6
Tabla 2 Edificios sometidos a estudio	7
Tabla 3 Ficha técnica Edificio Campo de fútbol	9
Tabla 4 Características de los captadores	11
Tabla 5 Ficha técnica Piscina Municipal	12
Tabla 6 Ficha identificativa edificio Residencia deportiva	13
Tabla 7 Ficha identificativa Nuevo pabellón PAV-2	16
Tabla 8 Ficha identificativa del Pabellón municipal	17
Tabla 9 Ficha tecnica edificio Fútbol sala	19
Tabla 10 Superficie y aforos pabellón tipo PAV-1	20
Tabla 11 Estructura de un Rocódromo	21
Tabla 12 Superficie y aforos PAV-1	22
Tabla 13 Estimación de superficies Pabellón de atletismo	23
Tabla 14 Sistemas de bombeo en redes DH	27
Tabla 15 Tipos de subestaciones	28
Tabla 16 Tipos de redes DH	29
Tabla 17 Comparativa de precios de Combustibles	33
Tabla 18 Comparativa de consumos anuales	33
Tabla 19 Estudio de Emisiones y eficiencia de la Astilla	36
Tabla 20 Granulometría pellets	36
Tabla 21 Propiedades Astilla y Pellets	37
Tabla 22 PCI Combustibles	37
Tabla 23 Sistemas de suministro de biomasa	40
Tabla 24 Sistemas de seguridad en calderas de biomasa	42
Tabla 25 Indicaciones en sala de calderas	43
Tabla 26 Características de uso de los equipamientos	49
Tabla 27 Horarios de los equipamientos	49
Tabla 28 Consumos de los equipamientos	50
Tabla 29 Consumo (l/día) de agua	51
Tabla 30 Temperatura media del agua red de Tarragona	52
Tabla 31 Estimación de la demanda energética Campo de futbol	53
Tabla 32 Consumo de gas Campo de futbol	54
Tabla 33 Estimación demanda energética Vestuarios Piscina	55
Tabla 34 Consumo de gas piscina 2018- 2019	56
Tabla 35 Perdidas Energéticas de la Piscina Climatizada	58
Tabla 36 Estimación demanda energética Residencia deportiva	59
Tabla 37 Consumos de gas Residencia	60
Tabla 38 Tabla historial de consumo de gas la Residencia deportiva	60
Tabla 39 Estimación demanda energética Pabellón 1	61
Tabla 40 Consumos de gas Pabellón 1	62
Tabla 41 Estimación demanda energética Vestuarios Pabellón 3	63
Tabla 42 Estimación demanda energética Pabellón de escalada	64
Tabla 43 Estimación demanda energética Pabellón de atletismo	65

Tabla 44 Estimación demanda de ACS nuevo pabellón PAV-2	66
Tabla 45 Resumen Demanda energética total	67
Tabla 46 Consumo total de gas en el sistema	68
Tabla 47 47 Elementos de la sala de calderas	71
Tabla 48 Consumo de Astilla total anual de la instalación	75
Tabla 49 Cálculo de la chimenea	79
Tabla 50 Diámetro tuberías circuito primario	81
Tabla 51 Bombas DH CTE Amposta	85
Tabla 52 Criterios para cálculo de caudal y sección de tuberías	87
Tabla 53 Valores recomendados para Disposición en zanjas	90
Tabla 54 Potencia de las subestaciones	95
Tabla 55 Operaciones de mantenimiento	110
Tabla 56 Planificación de obra	111

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Comparativa de precios de energía	32
Gráfico 2 Estimación demanda energética Campo de futbol	53
Gráfico 3 consumo de gas campo de futbol	54
Gráfico 4 Demanda energética Vestuarios Piscina	55
Gráfico 5 consumo de gas Piscina Municipal	56
Gráfico 6 demanda energética Residencia deportiva	59
Gráfico 7 consumos de gas Residencia	60
Gráfico 8 Estimación demanda energética Pabellón 1	61
Gráfico 9 Consumo de gas Pabellón 1	62
Gráfico 10 estimación demanda energética Pabellón 3	63
Gráfico 11 demanda energética Pabellón de escalada	64
Gráfico 12 Estimación demanda energética Pabellón de atletismo	65
Gráfico 13 estimación demanda energética PAV-2	66
Gráfico 14 Demanda energética total del sistema	67
Gráfico 15 Consumo anual de gas total en el sistema	68

Memoria

Índice de la Memoria

1.	Introducción	1
2.	Justificación.....	2
3.	Objeto	2
4.	Alcance.....	3
5.	Resumen de Características.....	4
5.1	Criterios de diseño	5
6.	Antecedentes	5
6.1	Cliente y ubicación	5
6.2	Análisis de los Equipamientos.....	7
6.3	Edificio Campo de Fútbol.....	8
6.4	Edificio Piscina Municipal	10
6.5	Edificio Residencia Deportiva.....	12
6.6	Edificio Pabellón Pav-2	14
6.7	Edificio pabellón 1.....	16
6.8	Edificio Vestuarios Pistas de Fútbol.....	18
6.9	Edificios Proyectados a Futuro.....	19
6.9.1	Pabellón de Escalada	20
6.9.2	Pabellón de Atletismo	22
7.	Estado del Arte	24
7.1	District Heating (DH)	24
7.2	Beneficios de una red District Heating.....	25
7.3	Componentes de una red District Heating	26
7.4	Elementos de una red District Heating	27
7.5	Clasificación de las Redes District Heating	29
7.5.1	Tipo de Trazado	29
7.5.2	Tipo de Circuito	30
7.5.3	Tipo de Sector	30
7.5.4	Tipo de Demanda	30
7.6	Esquemas de Subestaciones.....	31
7.7	Alimentación del Sistema.....	32
7.8	Selección del Combustible	33
7.9	Biomasa	34

7.9.1	Tipos de Biomasa	35
7.9.2	Astilla	35
7.9.3	Pellets	36
7.9.4	Poder Calorífico	37
7.10	Suministro de Biomasa	38
7.11	Sistemas de Almacenamiento de Biomasa	38
7.12	Sistemas de Carga del Silo.....	39
7.13	Elección del Tipo de Suministro.....	40
7.14	Alimentación Silo a Caldera	40
7.15	Sala de calderas.....	41
7.15.1	Dimensionado de la sala de calderas.....	41
7.15.2	Ventilación de la sala de calderas	41
7.15.3	Ventilación natural directa por aberturas	42
7.16	Requisitos de seguridad	42
7.17	Requisitos comunes para salas de calderas	42
7.18	Requisitos según el nivel de riesgo.....	44
7.19	Chimeneas.....	44
7.20	Ruido.....	45
8.	Normas y referencias aplicables.....	46
8.1	Legislación.....	46
8.2	Normativa	47
8.3	Software de cálculo	47
9.	Análisis de la Demanda Energética y Consumos.....	48
9.1	Características de las instalaciones.....	48
9.2	Horarios	49
9.3	Consumo de combustible.....	50
9.4	Procedimiento del cálculo de la demanda	50
9.4.1	Datos de partida.....	51
9.5	Resumen de Resultados de la demanda energética de los edificios	52
9.5.1	Demanda energética Campo de futbol	53
9.5.2	Consumo de gas Campo de futbol.....	54
9.5.3	Demanda energética Piscina Municipal	55
9.5.4	Consumo de gas Piscina Municipal	56
9.5.5	Demanda energética Residencia Deportiva.....	58
9.5.6	Consumo de gas Residencia Deportiva	60

9.5.7	Demanda energética Pabellón 1	61
9.5.8	Consumo de gas Pabellón 1	62
9.5.9	Demanda energética Vestuarios Fútbol sala	62
9.5.10	Demanda energética Pabellón de Escalada	63
9.5.11	Demanda energética Pabellón de atletismo.....	64
9.5.12	Demanda energética pabellón PAV-2	65
9.6	Resumen demanda energética total del sistema	66
9.7	Resumen consumo de gas anual total del sistema	67
10.	Solución adoptada	68
10.1	Esquema de principio.....	68
10.2	Combustible seleccionado	69
10.3	Emplazamiento de la central de producción de energía.....	69
10.4	Sala de calderas.....	71
10.5	Caldera de biomasa	71
10.6	Selección de las calderas.....	72
10.7	Silo de almacenamiento de biomasa	73
10.7.1	Dimensionado del silo	74
10.8	Esquema de alimentación Silo - Calderas.....	76
10.9	Sistema de evacuación de humos.....	78
10.10	Instalación Hidráulica Sala de Calderas	80
10.11	Temperatura de Trabajo	81
10.12	Depósito de Acumulación.....	82
10.13	Vaso de Expansión.....	83
10.14	Bombas	85
10.15	Colectores	85
10.16	Red de Distribución	87
10.16.1	Tuberías	87
10.16.2	Accesorios	88
10.16.3	Zanjas.....	89
10.16.4	Liras de dilatación	90
10.16.5	Almohadillas de expansión.....	91
10.16.6	Obra Civil	92
10.16.6.5	Control del hormigón en relleno de zanja.....	93
10.17	Subestaciones	94
10.17.1	Componentes de una subestación	94

10.17.2	Potencia de las Subestaciones.....	95
10.17.3	Requisitos de las subestaciones	95
10.17.4	Características Técnicas de los Intercambiadores	96
10.17.5	Intercambiador Vestuarios Piscina Municipal.....	97
10.18	Instalación Eléctrica.....	97
10.18.1	Suministro.....	97
10.18.2	Normativa Aplicable.....	98
10.18.3	Clasificación de los Locales	98
10.18.4	Esquema.....	98
10.18.5	Criterios de Cálculo	99
10.18.6	Intensidad Máxima Admisible.....	100
10.18.7	Criterio de Caída de Tensión	100
10.19	Protecciones	101
10.19.1	Protección frente a Cortocircuitos	101
10.19.2	Protección frente a Sobrecargas	101
10.20	Potencia Máxima Admisible por la Instalación	101
10.21	Instalaciones necesarias	101
10.21.1	Protección y Medida.....	101
10.21.2	Derivación Individual	101
10.21.3	Instalación Interior.....	102
10.21.4	Instalación de Alumbrado de Emergencia.....	102
10.21.5	Instalación de Puesta a Tierra.....	102
10.22	Verificación e Inspección	103
10.23	Gestión y Control de redes de Calor	103
10.23.1	Sistema de regulación	104
10.23.2	Arquitectura del sistema de regulación	104
10.24	Puesta en marcha de la instalación.....	105
10.24.1	Pruebas.....	105
10.25	Eficiencia Energética	107
10.25.1	Producción de calor.	107
10.25.2	Aislamiento térmico	108
10.25.3	Sistemas de Control.	109
10.26	Mantenimiento preventivo	109
11.	Planificación.....	111
12.	Resumen del Presupuesto.....	112

12.1	Presupuesto para conocimiento de la administración	114
12.2	Período de garantía de la instalación	115
12.3	Conclusión	115
13.	Bibliografía.....	116



MEMORIA

1. Introducción

En noviembre de 2018, el ayuntamiento de Amposta impulsó la redacción del Plan Director de la Zona Deportiva [1], con el objetivo de analizar el estado de los equipamientos deportivos y su relación con el entorno urbano y natural.

Llevado a cabo el análisis del estado de los edificios, se planteó una serie de propuestas, que habrían de servir en primera instancia, para la mejora energética a corto y mediano alcance de los equipamientos y edificios deportivos.

Los edificios que conforman el área deportiva han sido construidos en épocas diferentes, sin una planificación determinada, más allá de las directrices y ocupaciones de espacio, que dictaban los planes urbanísticos vigentes en cada momento.

Por lo tanto, algunas instalaciones presentan deficiencias en cuanto a eficiencia energética y cumplimiento de la normativa actual se respecta.

Se plantean líneas estratégicas de actuación, para la mejora de la zona deportiva, entre las cuales están la puesta al día de las instalaciones y la mejora de la eficiencia energética.

Estas líneas estratégicas se complementan, con una serie de propuestas concretas para la mejora de las instalaciones, dentro de las cuales esta adaptar las salas de calderas que no cumplen con la normativa actual, cambiar algunos termos eléctricos por calderas y la propuesta más importante, la instalación de fuentes de energía renovable en todos los edificios de cara al nZEB.

Se plantea la realización de un red de calefacción de distrito, alimentada por Biomasa para suministrar servicios de ACS y calefacción a los edificios, que conforman el complejo deportivo de la ciudad.

“A partir del 31 de diciembre del 2020, todos los edificios deberán tener un consumo de energía casi cero (nZEB), un objetivo que, para los edificios que estén ocupados y sean propiedad de autoridades, se adelanta a final del 2018. Este es uno de los retos que plantea la Directiva 2010/31/UE, del 19 de mayo, relativa a la eficiencia energética de los edificios, y que constituye una refundición de la directiva 2002/91/CE” [2]



2. Justificación

Los motivos que llevan a la realización de este proyecto están centrados en la necesidad del ayuntamiento de incorporar, en la gestión municipal criterios de sostenibilidad apreciables por la comunidad, que le permita conservar y mejorar las características medio ambientales de la ciudad, así como implementar medidas de eficiencia y ahorro energético.

El documento Plan Director recomendó desarrollar a largo plazo, la producción de energía centralizada en forma de cogeneración, energía eólica, energía térmica o energía fotovoltaica. Dicha propuesta, también había sido formulada en el documento Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES) del año 2017, donde se recomendaba la redacción de un anteproyecto para la instalación de una red de calor con Biomasa en diversos equipamientos municipales. [3]

Dada la situación energética actual y la política del ayuntamiento de Amposta a nivel ambiental, se justifica implantar un sistema de generación de energía térmica centralizado, District Heating, que utilice la biomasa como recurso renovable, que abastecerá las instalaciones que comprenden el complejo deportivo de la ciudad.

3. Objeto

El objeto de este documento es la definición, estudio, dimensionado y valoración de las diferentes obras para la composición del proyecto “Implantación de District Heating de Biomasa para el centro de Tecnificación Deportiva de la Ciudad de Amposta (Tarragona).

Los objetivos principales del presente documento son:

- Este proyecto ha sido encargado por el Excmo. Ayuntamiento de Amposta, teniendo por objetivo principal, la instalación de un Sistema de calderas centralizado de para suministro de calefacción y A.C.S.
- El ayuntamiento de la ciudad, en su objetivo de compromiso con el medio ambiente y la búsqueda e implementación de medidas de ahorro energético, pretende encontrar alternativas al uso de combustibles derivados del petróleo, como lo es el gas usado en las calderas de los edificios del complejo deportivo municipal, los cuales además de contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero, suelen representar un importante gasto económico.



- Se pretende cubrir las necesidades caloríficas de los edificios e instalaciones deportivas y a su vez conseguir un importante ahorro económico en combustible y colaborando con el medio ambiente.
- Se pretende sustituir la totalidad del consumo actual de combustible (Gas Natural) por Biomasa.
- A su vez, se redacta el presente proyecto para su presentación en Organismos Oficiales, de cuya competencia depende la concesión de los oportunos permisos y licencias para el desarrollo de la actividad.
- Se definirán las principales características de la unidad energética centralizada, así como las instalaciones hidráulicas de distribución, sistemas de regulación y bombeo, precisados para cubrir las necesidades de calefacción y ACS de los edificios del complejo deportivo y las características técnicas de instalación del complemento de energía solar Térmica.
- Por último, se indicarán las condiciones en que deben realizarse las Instalaciones de este proyecto, de acuerdo al Reglamento para las instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) ,Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio BOE de 29 de agosto de 2007 y corrección de errores BOE de 28 de febrero de 2008 [4].

4. Alcance

El alcance del proyecto atañe a la realización de este, detallando el dimensionado e implementación sobre los espacios disponibles, las características y principio de funcionamiento del equipo principal seleccionado.

El ámbito de este proyecto lo componen las instalaciones necesarias y los trabajos a realizar para la producción de energía térmica, teniendo en cuenta el uso de biomasa como combustible, garantizando el normal desarrollo de la actividad, acorde a la normativa vigente y que las afectaciones urbanísticas y de medio ambiente se ajusten a los parámetros de la reglamentación actual.

Se realizarán los cálculos necesarios para el dimensionado de la Estación Central, la red de distribución y los puntos de suministro, desde el cálculo de las necesidades energéticas de cada edificio (ACS, calentamiento del vaso y climatización de la piscina, etc.) y todos los elementos integrantes del sistema.

El alcance de los fundamentos técnicos incluye el abastecimiento de la demanda energética de los siguientes edificios:



- Campo de Fútbol.
- Piscina Municipal.
- Residencia Deportiva.
- Pabellón Pav-2
- Pabellón 1.
- Vestuarios Pistas de fútbol.
- Pabellón de Escalada.
- Pabellón Pista de atletismo cubierta.

La instalación pretende, minimizar el uso de combustibles fósiles y su vez, reducir los costes energéticos de la misma, ya en el corto plazo, para garantizar la viabilidad de su funcionamiento.

5. Resumen de Características

La instalación por dimensionar es una sala de calderas centralizada, constituida por dos calderas, cada una de 399 kW de potencia nominal, que alimentaran a través de una red de tubería doble, el fluido calor portador hasta las subestaciones térmicas, ubicadas en cada uno de los edificios deportivos en los que ya existe una instalación interior individual de calefacción y ACS.

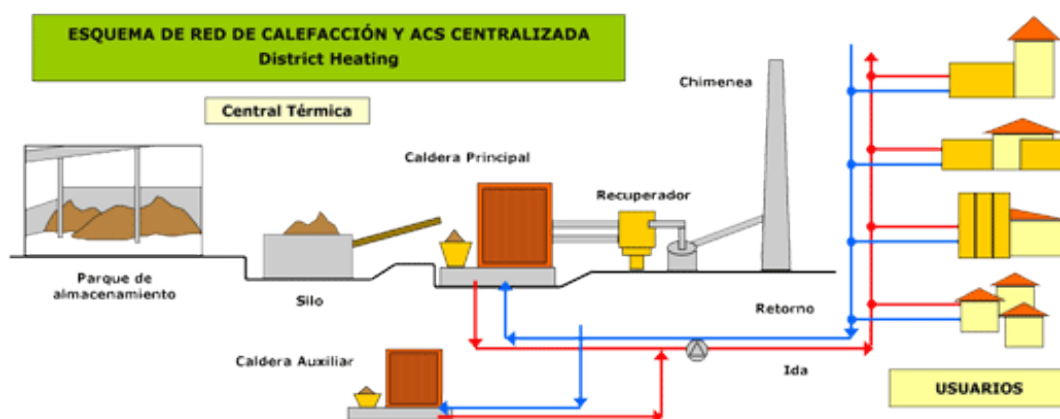


Ilustración 1 Esquema Red District Heating (Fuente: IDAE)

Para el buen funcionamiento de las instalaciones, se desea proyectar una red de abastecimiento (Central Térmica, red de conducciones de impulsión y retorno, aislamiento térmico de las tuberías, bombas, válvulas, filtros y zanjas), capaz de cubrir todas las demandas actuales de calefacción y ACS, lo que incluye recabar la información de los edificios existentes, así como el cálculo de las necesidades térmicas de calefacción y ACS para la futura ampliación del Centro de Tecnificación Deportiva y para abastecer las necesidades de ACS, de los vestuarios del nuevo Pabellón deportivo.



5.1 Criterios de diseño

Para el correcto dimensionado de la red de calor central, se ha de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud media de conexión (m): Distancia media de conexión desde la central térmica hasta los consumos, se valora mayoritariamente la concentración de usuarios y la proximidad de la central a los usuarios.

$$\frac{\text{Total red (m)}}{N^{\circ} \text{ de usuarios}}$$

- Densidad específica de energía (kWh/m): Es un indicador de la densidad de utilización de la red en términos de energía.

$$\frac{\text{Total energia } (\frac{kwh}{a})}{\text{Total red (m)}}$$

- Pérdidas de energía específicas: Es un indicador de las pérdidas energéticas de la red, condicionadas a su factor de utilización.

$$\text{Energia perdida(kW)} \times \text{factor de uso}$$

- Factor de eficiencia de la red: Relación entre el calor anual distribuido y el calor anual producido superior al 75 %.

$$\frac{\text{Calor anual distribuido}}{\text{Calor anual producido}} \geq 75 \%$$

6. Antecedentes

En este punto, se detallarán las condiciones de partida del proyecto, que permitirán determinar el entorno en que evoluciona, para ayudar a la consecución de la solución final.

6.1 Cliente y ubicación

Amposta es un municipio de Cataluña, perteneciente al ámbito de las Tierras del Ebro, dentro de la Provincia de Tarragona. Está situada a 8 metros de altitud sobre el nivel del mar, a unos 25 km de la desembocadura del río Ebro y en la línea de las principales vías de comunicación, entre las ciudades de Valencia y Barcelona.

El municipio tiene una superficie de 138,31 km² y una población de 20.738 habitantes. Cuenta con el Centro de Tecnificación Deportiva, que ofrece servicios y recursos necesarios para el entrenamiento de alto rendimiento, en disciplinas como la Esgrima o el Remo, convirtiéndose en



un centro de referencia a nivel nacional e internacional, donde los deportistas compaginan la formación académica y la práctica deportiva apoyados en la investigación en las ciencias aplicadas.

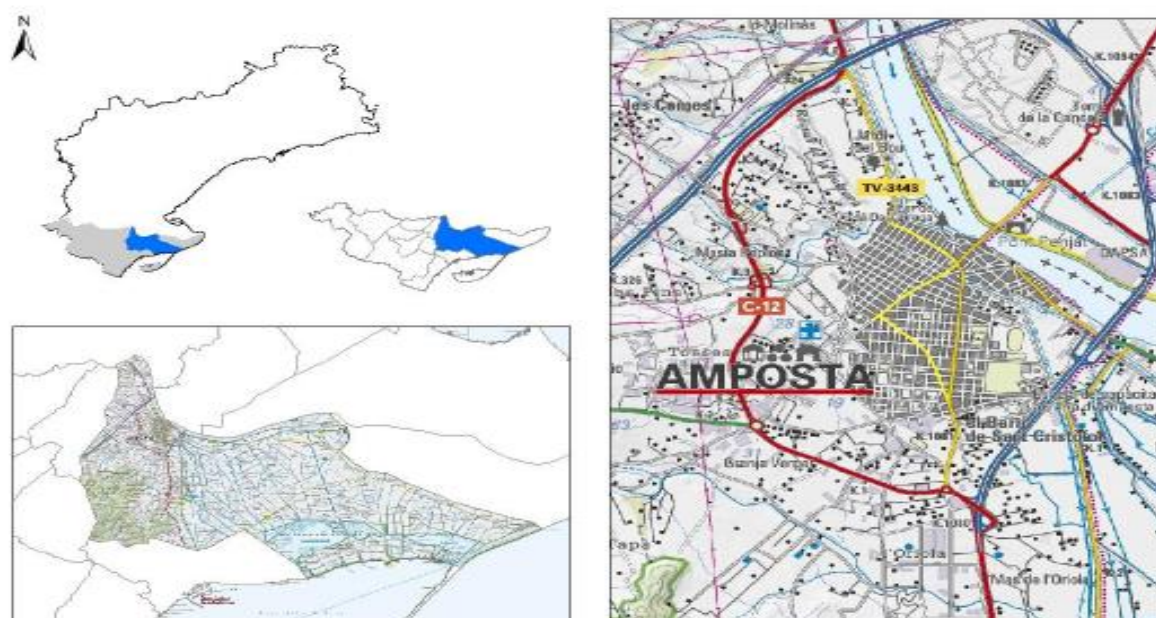


Ilustración 2 Mapa de Amposta (Fuente: Instituto cartográfico y geológico de Cataluña)

El centro de tecnificación deportivo de las tierras del Ebro (CTETE), está ubicado en la calle Francia 61-73. En la siguiente tabla se describe la nomenclatura de los edificios que componen el centro tecnológico deportivo:

Tabla 1 Nomenclatura de los edificios (Fuente: El autor)

A-1 Campo de fútbol	B-8 Pista polideportiva
A-3 Bar	C-1 Pabellón polideportivo-1
A-4 Cubierta de bolos	C-2 Pabellón anexo
B-1 Piscina	C-3 Pabellón polideportivo-2
B-2 Residencia	C-4 Pista descubierta-1
B-5 Pista de atletismo	C-5 Pista descubierta-2
B-6 Pista de entrenamiento de atletismo	C-6 Vestidores
B-7 Escalada (En proyecto)	C-7 Pabellón polideportivo-3



6.2 Análisis de los Equipamientos

De todos los edificios se ha de hacer un análisis visual y documental del tipo de edificación, el tipo de instalación existente y las necesidades energéticas a solventar.

En primer lugar, la ubicación de la zona deportiva de la ciudad con la totalidad de edificios y la ubicación de las calderas de cada equipamiento:



Ilustración 3 Situación de los edificios (Fuente: Ayuntamiento)

Tabla 2 Edificios sometidos a estudio (Fuente: El autor)

A-1 Campo de fútbol	C-1 Pabellón polideportivo-1
B-1 Piscina municipal	C-6 Vestidores Pista de fútbol sala
B-2 Residencia deportiva	B-6 Pista de entrenamiento de atletismo
B-3 Pabellón nuevo PAV2	B-7 Escalada (En proyecto)



Il·lustració 4 Ubicació de les calderes (Fuente: Pla)

6.3 Edificio Campo de Fútbol

El Estadio municipal de Amposta, está ubicado en la Calle Barcelona, 93, cuenta con un campo de futbol profesional y dos campos auxiliares de futbol 7.

Dispone de una caldera de gas, de la marca ROCA, modelo CPA 130, de una potencia nominal de 151 kW, para suministro de ACS. La sala de calderas está situada en el sótano entre las graderías del estadio municipal y el campo de entrenamiento.



Il·lustració 5 Campo de futbol municipal de Amposta (Fuente: Pla)



El campo de futbol es utilizado por 20 equipos, que entrenan de lunes a viernes y los fines de semana disputan partidos de futbol de las ligas locales de la comarca.



Ilustración 6 Caldera de gas del Campo de fútbol (Fuente: El autor)

Tabla 3 Ficha técnica Edificio Campo de fútbol

Equipamiento	Edificio Campo de futbol Municipal
Dirección	Calle de Barcelona 93 Amposta.
Extensión	6426 m ² .
Titular	Ayuntamiento de Amposta.
Servicios Generales	Bar Cafetería, Vestuarios.
Instalaciones Deportivas	Futbol
Uso	Deportivo
Ocupación diaria	250
N.º de Trabajadores	4
Horarios de utilización	09:00 am hasta las 22:00 pm (lunes a Domingo)
Capacidad	3000 persona
N.º de calderas	1
Tipo de Caldera 1	Gas baja temperatura
Potencia instalada	150 kW.
Complemento Solar térmica	No
N.º de Placas instaladas	-
Área Total	6386 m ² .
Uso y suministro	ACS
Teléfono	977 70 73 79



6.4 Edificio Piscina Municipal

Está ubicada en la C/ Francia, 61-73, cuenta con una superficie de 4.930 m², distribuidos en dos piscinas cubiertas, y una piscina exterior. Cuenta a su vez con gimnasio, sala de musculación, sauna, jacuzzi salas múltiples deportivas y servicio de cafetería.



Ilustración 7 Piscina Municipal de Amposta (Fuente: Ayuntamiento)

El edificio cuenta con una sala de calderas, cuyo interior alberga una caldera de gas de fundición, de baja temperatura, para suministro de ACS, marca ADISA modelo 9E de 90 kW de potencia y una caldera de condensación, para climatización de la piscina cubierta, marca ADISA modelo Dúplex 360 con una potencia de 360 kW.



Ilustración 8 Caldera de la Piscina Municipal (Fuente: El autor)



La instalación cuenta con 90 Captadores de energía solar térmica, ubicados en la azotea del edificio Pabellón Anexo, cuya función es dar apoyo al suministro de ACS de la Piscina municipal.



Ilustración 9 Captadores solares de la piscina municipal (Fuente: El autor)

En la siguiente tabla, se detallan las características técnicas de los captadores solares:

Tabla 4 Características de los captadores (Fuente: El autor)

Longitud	mm	2099
Anchura	mm	1099
Peso	kg	40
Caudal Recomendado	l	30-90
Conexiones		3/4"
Angulo de Instalación	°	45
Area	m ²	2.3
Rendimiento optico	%	81
Coefficiente de perdida de calor a l	W/m ² K	3.037
Capacidad termica	KJ/m ² K	5.85
Factor de corrección angulo incidente	%	95
Superficie de apertura	m ²	2
Sobre presion de servicio maxima	bar	10
Capacidad	L	1.7



Tabla 5 Ficha técnica Piscina Municipal

Edificio Piscina Municipal	
Dirección	C/ Francia 61-73
Extensión	4930 m2
Titular	Ayuntamiento de Amposta
Servicios Generales	Bar, cafetería
Instalaciones	Piscina, gimnasio
Uso	Natación
Ocupación diaria	200 personas
N.º de trabajadores	20
Horarios	7:00 a 22:00 h
Capacidad	500 personas
N.º de calderas	2
Potencia instalada	450
Complemento de solar térmica	Si
N.º de placas instaladas	90
Área total	180 m ²
Suministro	ACS

6.5 Edificio Residencia Deportiva

La residencia del centro de tecnificación deportiva, esta ubicada en la calle Francia 29-59, cuenta con 54 plazas para albergar deportistas de Triatlón, Remo olímpico, Esgrima y otras actividades de alto rendimiento. El edificio cuenta a su vez, con servicios de Medicina, Fisioterapia Deportiva, Psicología y servicios como comedor, biblioteca, Wi-Fi, Etc. La instalación cuenta con una caldera de condensación alimentada con gas natural, para suministro de ACS, marca DE DIETRICH con una potencia nominal de 52 kW.



Ilustración 10 Residencia deportiva (Fuente: Ayuntamiento)



El edificio posee, además, con una estructura de apoyo de energía solar térmica de 24 placas, que ocupan un área aproximada de 55 m², ubicadas en la azotea de la residencia deportiva.



Ilustración 11 Sala de calderas de la residencia deportiva (Fuente: El autor)

Tabla 6 Ficha identificativa edificio Residencia deportiva

Edificio Residencia deportiva	
Dirección	C/ Francia 29
Extensión	916 m2
Titular	Ayuntamiento de Amposta
Servicios Generales	Bar, cafetería
Instalaciones	Hotel residencia
Uso	Residencia
Ocupación diaria	50
N.º de trabajadores	4
Horarios	7:00 a 22:00 h
Capacidad	54
N.º de calderas	1
Potencia instalada	52
Complemento de solar térmica	Si
N.º de placas instaladas	24
Área total	55 m ²
Suministro	ACS



6.6 Edificio Pabellón Pav-2

El proyecto data del año 2010 y solo hasta el pleno del día 27 de noviembre de 2018 se dio luz verde a su ejecución, en los presupuestos del ejercicio 2018, una obra adjudicada por 2,3 millones de euros, cuyo objetivo es la construcción en nueva planta del Pabellón Pav-2, que complementara el resto de los equipamientos existentes de la ciudad.



Ilustración 12 Terreno para el nuevo pabellón polideportivo (Fuente: Ayuntamiento de Amposta).

El edificio se encuentra hoy en día en fase de construcción, por lo que se precisa realizar el cálculo de la carga térmica del edificio, para determinar la potencia de la caldera a instalar en el edificio, para suministro de ACS de la zona de vestuarios.

Para realizar un estudio de Carga Térmica se ha de tener en cuenta datos tales como:

- Ubicación exacta del edificio.
- Condiciones exteriores, condiciones climatológicas variantes con respecto a la ubicación y la estación del año.
- Condiciones interiores del edificio, dependiendo del uso del local o tipo de vivienda si fuera el caso.
- Estudio de los alrededores del edificio y las estructuras colindantes.
- Altura de paredes y techos
- Área total de vidrio que da hacia los exteriores



- Tipo de puertas de vidrio o de los marcos.
- Tipo de construcción y materiales en el piso, en paredes de exterior, en el techo y en materiales de tabiquería.
- Cifra promedio de personas en local o edificio.
- Objetivo del edificio por ejemplo Vivienda, Oficinas etc.
- Tipo de iluminación, cantidad de bombillas o tubos etc.
- Equipos.

Se requieren, además, las características principales de cerramientos, ventanas y puertas del edificio.

Estos datos, se utilizarán para realizar el estudio de la carga térmica del edificio, utilizando el software ClimaV2, de la universidad Politécnica de Valencia.

El cálculo de carga térmica del edificio se detalla en el Anejo II: Estudio de carga térmica Pav-2, del presente documento.

En la ilustración N.º 16, se detalla un modelo a escala del futuro Pabellón deportivo:



Ilustración 13 Pabellón Pav-2 (Fuente: Ayuntamiento)

En la tabla N.º 7 se detallan las características del nuevo pabellón:



Tabla 7 Ficha identificativa Nuevo pabellón PAV-2 (Fuente: Elaboración propia)

Pabellón Pav-2	
Dirección	C/ Francia S/N
Extensión	64.059 m ²
Titular	Ayuntamiento de Amposta
Servicios Generales	Bar, cafetería
Instalaciones	Fútbol, baloncesto
Uso	Deportivo
Ocupación diaria	300
N.º de trabajadores	2
Horarios	7:00 a 23:00 h
Capacidad	500
N.º de calderas	1
Potencia instalada	151 kW
Complemento de solar térmica	No
Suministro	ACS

6.7 Edificio pabellón 1

Lo complementan el Pabellón anexo y Pabellón 2, esta distribuido entre una primera planta y la planta baja, por donde se accede al edificio. Esta ubicado en la calle Joan Sebastia Arbo N° 3, cuenta ademas con vestuarios, sala de actividades polideportivas, pista polideportiva, sala de maquinas y un segundo pabellón cubierto que posee ademas almacenes y vestuarios.



Ilustración 14 Pabellón municipal (Fuente: Ayuntamiento)



El horario de funcionamiento es de lunes a domingo de 7:30 a 23:00 horas, fines de semana de 9:00 a 21:00, permanece abierto todo el año y suele haber una media de 450 usuarios diarios.

El edificio y los vestuarios no disponen de sistema de calefacción y en la recepción del pabellón la calefacción se realiza mediante una bomba de calor reversible aire-aire tipo split.

El edificio dispone de una caldera de gas natural de condensación de una potencia nominal de 69 kW para la producción de ACS y un volumen de acumulación de 2000 litros.



Ilustración 18 Caldera de gas pabellón 1 (Fuente: Pla)

Tabla 8 Ficha identificativa del Pabellón municipal

Pabellón 1	
Dirección	C/ Joan Sebastián Arbo S/N
Extensión	4163 m2
Titular	Ayuntamiento de Amposta
Servicios Generales	Vestuarios y almacén
Instalaciones	Fútbol, baloncesto
Uso	Deportivo
Ocupación diaria	410 personas
N.º de trabajadores	1
Horarios	7:00 a 23:00 h
Capacidad	500 personas
N.º de calderas	1
Potencia instalada	69 kW



6.8 Edificio Vestuarios Pistas de Fútbol

Las instalaciones corresponden a los vestuarios del Pabellón 3, esta ubicado en la calle Joan Sebastiá Arbó Nº 2, donde se encuentra las duchas para el uso de los deportistas.

El horario de funcionamiento es de Lunes a Viernes de 7:30 a 23:00 horas, Sabados de 9:00 a 21:00, Domingos hasta las 14:00 horas, permanece abierto todo el año y suele haber una media de 1.600 usuarios semanales.



Ilustración 19 Pistas de futbol sala (Fuente: Ayuntamiento)

Los vestuarios no disponen de sistema de calefacción, disponen de dos termos electricos verticales de Potencia 8 kW y un deposito de capacidad de 500 litros, para consumo de ACS.

La cubierta del edificio dispone de un conjunto de 10 colectores de energia solar termica, dispuestos en un área de 20 m², como apoyo a la demanda de ACS del equipamiento. Para el cálculo de la demanda de uso se tienen los siguientes datos de ocupación:

Lunes a viernes (mañanas)	50 usuarios
Lunes a viernes (tardes)	150 usuarios
Sabados (mañanas)	250 usuarios
Sabados (tardes)	300 usuarios
Domingos (mañanas)	50 usuarios



Tabla 9 Ficha tecnica edificio Fútbol sala (Fuente:Elaboración propia)

Vestuarios Fútbol sala	
Dirección	C/ Joan Sebastián Arbo S/N
Extensión	4163 m ²
Titular	Ayuntamiento de Amposta
Servicios Generales	Vestuarios
Instalaciones	Fútbol sala
Uso	Deportivo
Ocupación semanal	1600 personas
N.º de trabajadores	1
Horarios	7:00 a 23:00 h
Capacidad	500 personas
N.º de calderas	1
Potencia instalada	16 kW
Complemento de solar térmica	Si
N.º de placas instaladas	10
Área total	20 m ²
Suministro	ACS

6.9 Edificios Projectados a Futuro

El ayuntamiento de Amposta, tiene previsto construir en los terrenos colindantes con la pista de atletismo al aire libre, un Pabellón de Escalada y una Pista cubierta de Atletismo.



Ilustración 15 Terrenos previstos para la construcción de nuevos pabellones (Fuente: Google Maps)

Hasta el momento no existen anteproyecto, o datos de la futura edificación, solo se tiene claro, el uso y la superficie a utilizar.



Para obtener un modelo aproximado del diseño de los pabellones, se tomara como referencia el documento “Fichas tecnicas Requerimientos Tipológicos y Aspectos Normativos”, del Consell Catalá de l’Esport, de la Generalitat de Catalunya [5].

6.9.1 Pabellón de Escalada

Se definira el edificio Pabellón de escalada, de acuerdo a la ficha tecnica de equipamientos deportivos, como un Pabellón Basico Polideportivo PAV-1, con las siguientes características:

Tabla 10 Superficie y aforos pabellón tipo PAV-1 (Fuente: GenCat)

Superficie total Pabellón de Escalada	
Modulo PAV-1	1000 m ²
Aforo del módulo	
Espacio deportivo	30 personas
Vestuarios	40 personas
Espectadores	100 personas

Los datos de la tabla anterior, se deberan usar para realizar una estimación del consumo de ACS del edificio a proyectar. En la ilustración 21, se detalla el esquema previsto para el nuevo pabellón:

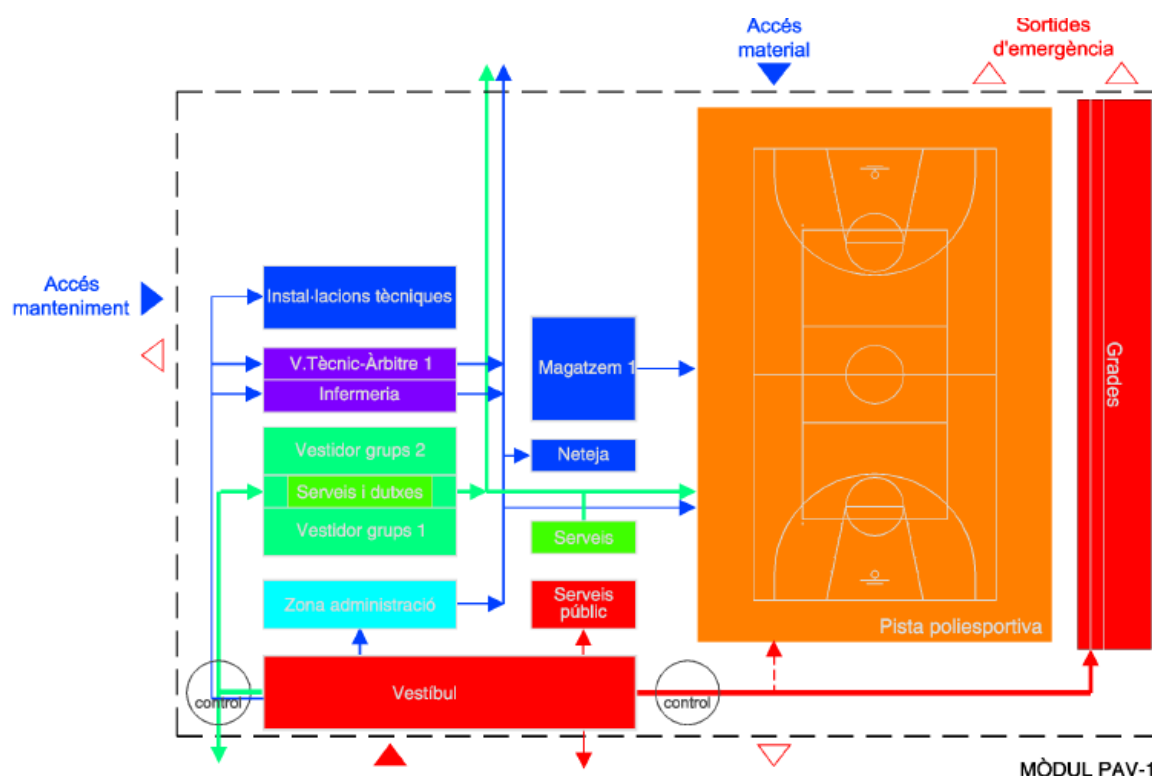


Ilustración 16 Esquema Pabellón PAV1 (Fuente: GenCat)



En la siguiente ilustración, se describe el diseño aproximado de la estructura del nuevo pabellón de escalada:

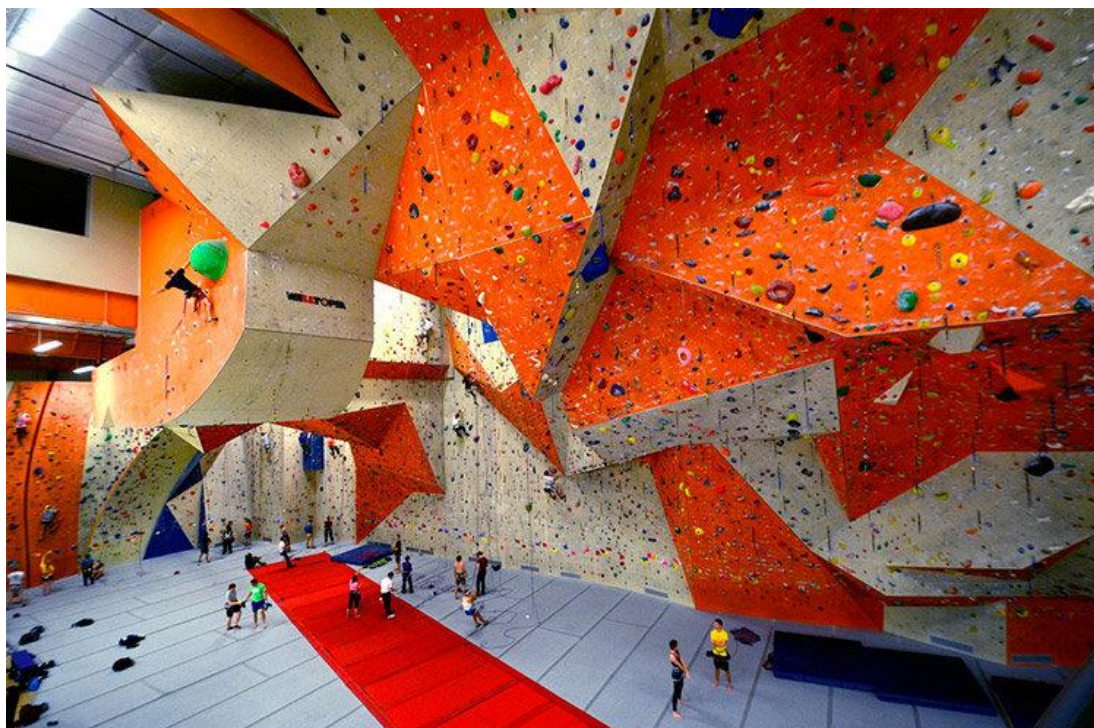


Ilustración 17 Estructura de un Rocódromo (Fuente: ubeda.ideal.es)

A continuación, se detallan los espacios útiles del nuevo pabellón:

Tabla 11 Estructura de un Rocódromo (Fuente: ubeda.ideal.es)

Superficie útil mínima de los espacios deportivos del Pabellón de Escalada	
Espacios	Superficie útil
Pista polideportiva	608 m ²
Gradas	110 m ²
Vestíbulo y control de accesos	40 m ²
Zona de administración	8 m ²
Almacén auxiliar	6 m ²
Enfermería	8 m ²
Instalaciones técnicas	10 m ²
2 vestuarios grupos y servicios	70 m ²
1 vestuario técnicos y árbitros	8 m ²
1 almacén de materiales	20 m ²
1 servicio de pista	3 m ²
1 servicios para el publico	20 m ²



6.9.2 Pabellón de Atletismo

Se definirá el Pabellón Pista cubierta de Atletismo, de acuerdo al documento “Fichas técnicas Requerimientos Tipológicos y Aspectos Normativos”, del Consell Català de l’Esport, de la Generalitat de Catalunya. de equipamientos deportivos, como un Pabellón Basico Polideportivo PAV-3, con las siguientes características:

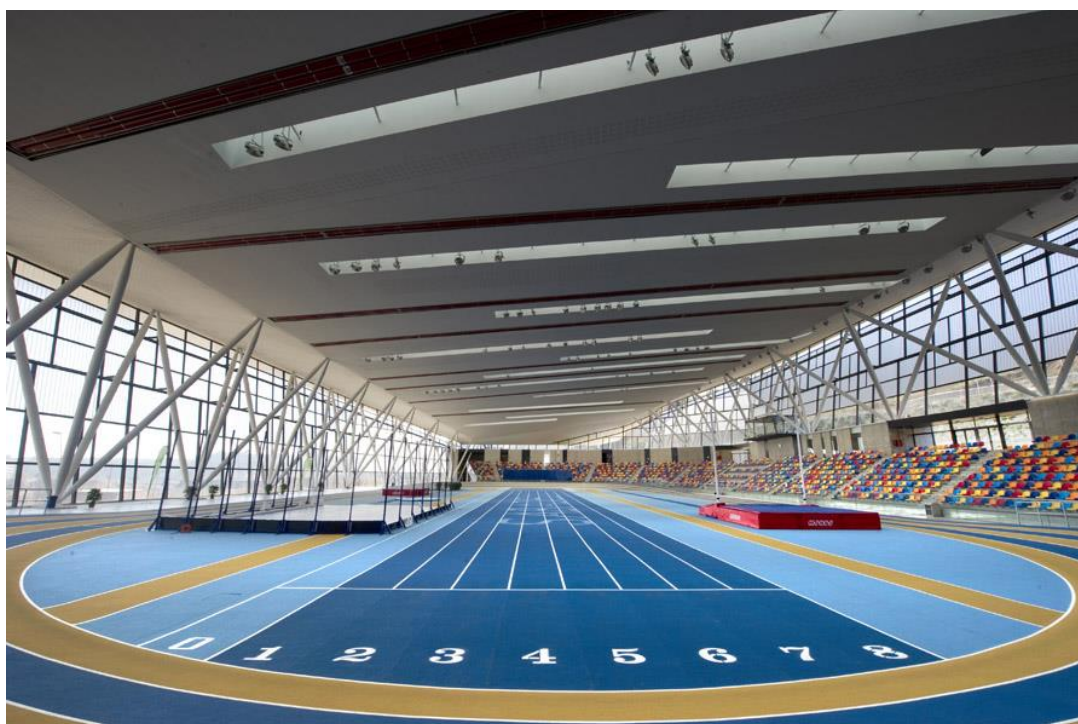


Ilustración 18 Pista de entrenamiento de atletismo (Fuente: ayuntamiento de Sabadell)

Tabla 12 Superficie y aforos PAV-1 (Fuente: GenCat)

Superficie total Pabellón de Atletismo	
Modulo PAV-3	2500 m ²
Aforo del módulo	
Espacio deportivo	105 personas
Vestuarios	120 personas
Espectadores	300 personas

A continuación, se detalla un esquema de la distribución del pabellón de atletismo:

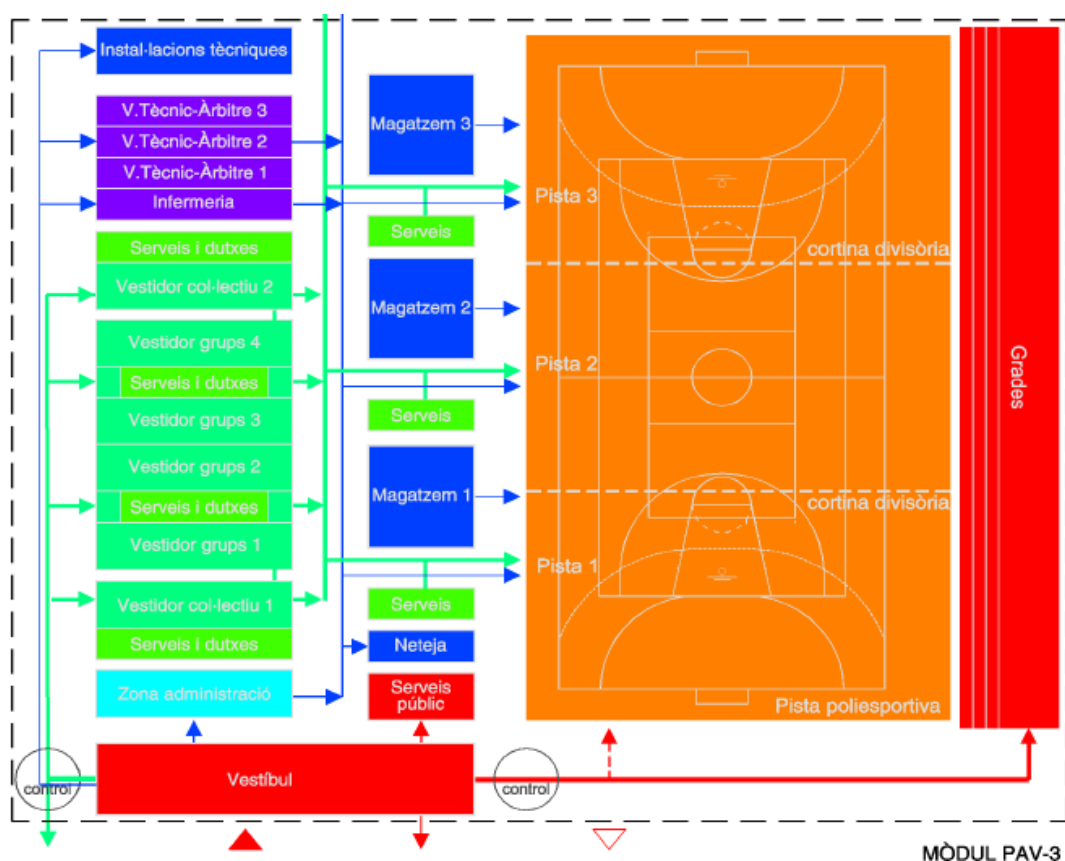


Ilustración 19 Esquema Pabellón PAV3 (Fuente: GenCat)

Tabla 13 Estimación de superficies Pabellón de atletismo

Superficie útil mínima de los espacios deportivos del Pabellón de atletismo	
Espacios	Superficie útil
Pista polideportiva	1.215 m ²
Gradas	245 m ²
Vestíbulo y control de accesos	90 m ²
Zona de administración	15 m ²
Almacén auxiliar	8 m ²
Enfermería	8 m ²
Instalaciones técnicas	60 m ²
4 vestuarios grupos y servicios	140 m ²
3 vestuario técnicos y árbitros	24 m ²
3 almacén de materiales	75 m ²
3 servicio de pista	15 m ²
2 servicios para el publico	32 m ²
2 vestuarios colectivos	80 m ²



7. Estado del Arte

7.1 District Heating (DH)

Un sistema District Heating (DH) o Calefacción Urbana es un sistema de producción y distribución de energía térmica, de manera centralizada, que básicamente distribuye ACS, calefacción y en algunos casos refrigeración (District Cooling), mediante redes de tuberías conectadas a los usuarios de una ciudad, distrito o un pequeño sector de edificios [6].

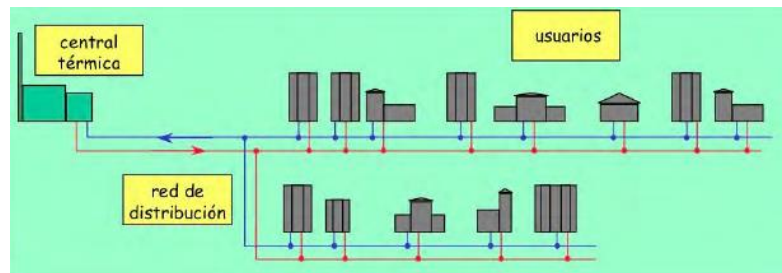


Ilustración 20 Red de calefacción urbana (Fuente: IDAE)

La red de tuberías se instala en zanjas bajo las vías urbanas, en las cuales se transporta agua caliente a través de dos tuberías de impulsión y retorno, en las cuales una vez el agua haya irradiado el calor, en un intercambio energético en las subestaciones, el agua de menor temperatura fluye por la tubería de retorno, hasta la central térmica donde se vuelve a calentar iniciando un nuevo ciclo de producción.

Para las redes modulares District Heating, existen varias alternativas tecnológicas aplicables, en cuanto a fuentes de energía se refiere. Las más importantes fuentes de energía son la energía Solar Térmica, energía Eólica, Sistemas de Biomasa, Gas natural, Energía Geotérmica y Fotovoltaica.

Es de uso común el diseño de redes DH, donde se combinan equipos de Cogeneración y Calderas de Biomasa, con apoyo de placas de solar térmica u otro tipo sistema como los anteriormente mencionados.

Las redes de calor central tienen gran tradición en países como Noruega, Dinamarca, Austria, Finlandia o Suecia, dado que los beneficios ecológicos y las ventajas económicas que ofrece este sistema son bastante amplias, como por ejemplo las subvenciones que la Unión Europea otorga, así como los incentivos económicos que los gobiernos regionales aplican a este tipo de proyectos.

Las redes DH se caracterizan por ser un sistema eficiente energéticamente, seguro y ampliamente probado, dado que en Europa alrededor de 70 millones de habitantes se benefician a diario de redes



District Heating y District Cooling, donde el uso de energías renovables evita la emisión de 150 millones de toneladas de CO₂ por año.

Aproximadamente el 10 % de la población europea se beneficia de redes DH, el 25 % de la generación de energía es procedente de fuentes renovables. En algunas aproximadamente el 50 % de los ciudadanos son usuarios de un sistema District Heating and Cooling [7].

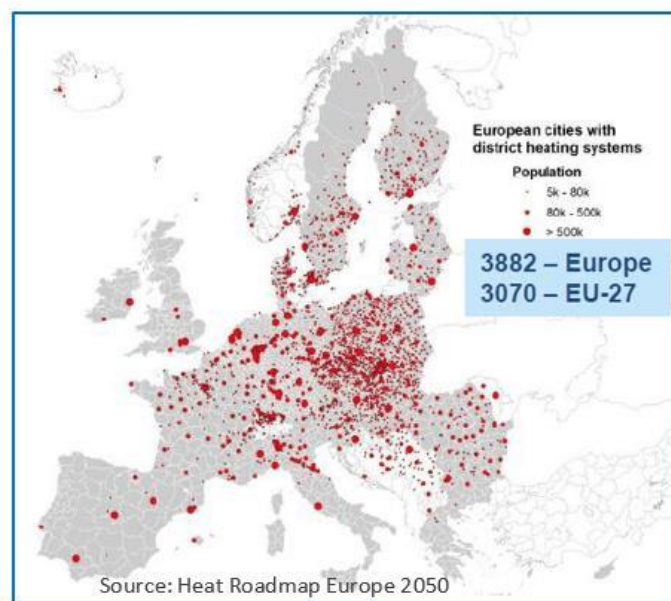


Ilustración 21 Mapa UE de sistemas DH (Fuente: Heat Road Map Europe 2050)

7.2 Beneficios de una red District Heating

A continuación, se describen algunas de las ventajas de implementar este tipo de sistemas:

- Balance neutro de emisiones de carbono.
- Costos reducidos de explotación y mantenimiento.
- Las instalaciones son amortizables en periodos menores de 10 años.
- Permite acceder a subvenciones y ayudas de la UE dentro de los programas de energías renovables y de eficiencia energética.
- Genera empleo local.
- Reduce la potencia instalada por edificio y el consumo eléctrico.
- Evita el almacenamiento de combustibles en los edificios públicos.
- Reduce el ruido de las instalaciones.



- Beneficios muy atractivos para los ayuntamientos ya que la legislación actual obliga a reducir emisiones, una red DH mejora la eficiencia energética de un municipio.
- Los municipios que reducen sus emisiones de CO₂ tienen mayor acceso a ayudas y subvenciones, IDAE 2018 [8].
- Favorece la sustitución de combustibles fósiles por energías renovables.

7.3 Componentes de una red District Heating

En términos generales, una red DH está compuesta por los siguientes elementos:

- **Planta de producción de calor**, donde se genera la energía del sistema mediante elementos de producción de calor (calderas de gran potencia), con sus correspondientes equipos de filtrado, depósitos de acumulación o tanques de amortiguación, que mejoran el rendimiento de la instalación grupos de bombeo y otros elementos necesarios para la producción de calor. La planta puede funcionar a partir de Gas, Biomasa u otros combustibles y se suele ubicar en una construcción exclusiva para su uso.

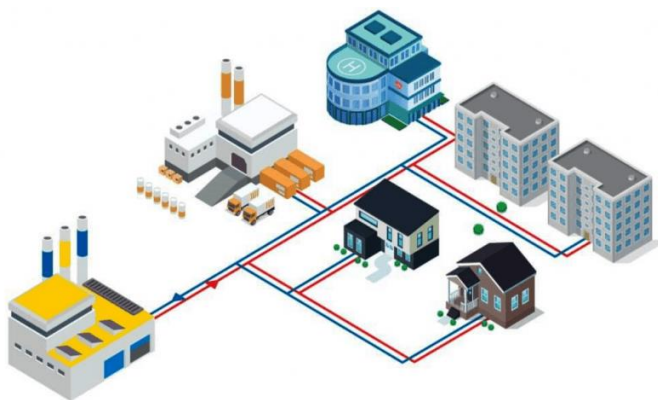


Ilustración 22 Red District Heating (Fuente: IDAE)

- **Red de distribución**, por donde se transporta la energía generada en la planta de producción, hasta los puntos de consumo, teniendo en cuenta a la hora de dimensionar la red, las pérdidas mínimas de energía, con el fin de obtener la mayor eficiencia del sistema. La red de distribución o línea de transporte está compuesta por dos tuberías, de ida y de retorno y en el caso de las redes de calefacción y refrigeración (District Heating and Cooling) constan de cuatro tuberías de conducción, dos de impulsión y dos de retorno. Las tuberías del tipo aisladas térmicamente constan de aislamiento térmico de poliuretano, envolvente exterior de polietileno y un tubo portador de acero al carbono que minimizan las pérdidas térmicas agilizan el montaje y alargan la vida útil de la red.



7.4 Elementos de una red District Heating

Algunos de los elementos significativos de una red District Heating se enumeran a continuación:

- **Zanjas**, habitualmente las tuberías se distribuyen en zanjas subterráneas con una configuración similar a la expuesta en la ilustración 31.

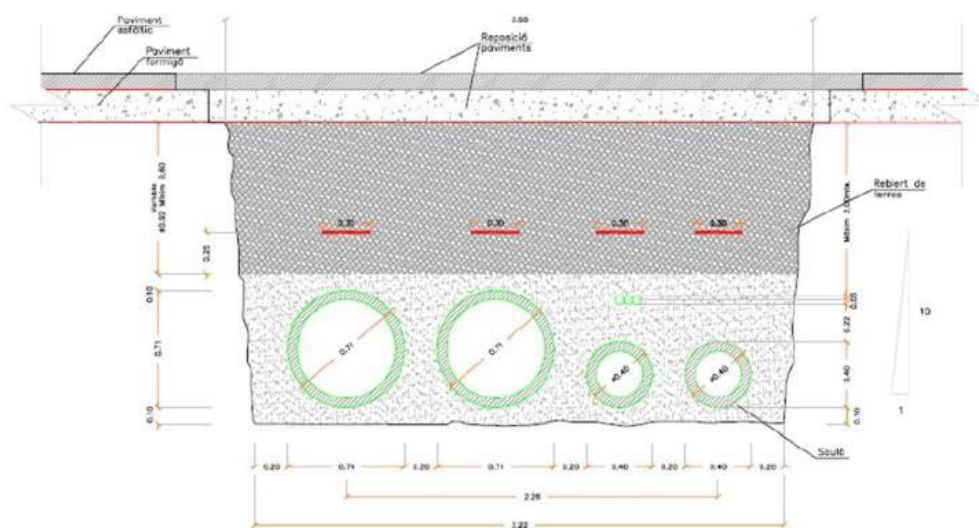


Ilustración 23 31 Zanjas (Fuente: ICAEN)

- **Sistemas de bombeo**, se utilizan básicamente tres tipos de bombeo para la regulación de las redes DH, dependiendo de la ubicación de los sistemas de bombeo:

Tabla 14 Sistemas de bombeo en redes DH

<u>Bombeo Primario/Secundario</u>	Colocación de bombas en el secundario de los circuitos de distribución
<u>Bombeo Distribuido</u>	Colocación de bombas en cada subestación de distribución
<u>Bombeo centralizado</u>	Colocación de un único conjunto de bombas para todo el sistema

- **Subestaciones térmicas**. Están formadas por intercambiadores de calor, medidores y dispositivos medidores de regulación, para la transferencia de energía desde la red de distribución hasta el edificio o hasta la planta de producción de calor.

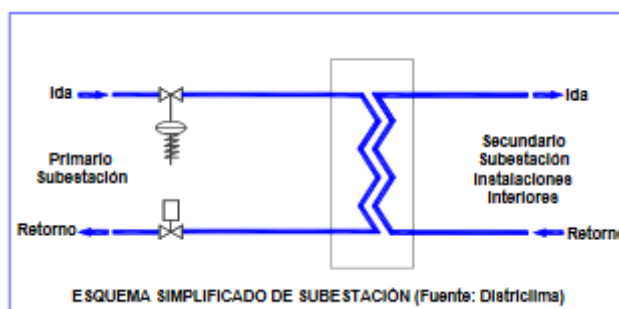


Ilustración 24 Esquema de subestación (Fuente: Districlima)

Las subestaciones térmicas están situadas en todos y cada uno de los puntos de consumo a los que se pretende dar servicio. En las subestaciones se adecua la temperatura y la presión de la red hasta las condiciones de consumo.

Existen dos tipos de subestaciones térmicas:

Tabla 15 Tipos de subestaciones (Fuente IDAE)

<u>Subestaciones Directas</u>	El fluido del circuito de distribución circula de manera directa por el sistema de calefacción hasta los emisores de la vivienda o edificio
<u>Subestaciones Indirectas</u>	Un intercambiador de calor realiza la transferencia de energía, separando los circuitos de distribución y secundario

- **Silo de combustible.** Es necesario para alimentar la caldera un Silo, el cual es el lugar donde se almacena el combustible para las calderas de biomasa. Es fundamental a la hora de dimensionar el silo, tener en cuenta características especiales tales como el diseño, poder integrarlo con el edificio donde se encuentran las calderas, la ubicación del silo, si es de obra, prefabricado, enterrado o a nivel del suelo y cumplir con la normativa del CTE código técnico de edificación y el DB SI documento básico de seguridad y salud.
- **Sistema de alimentación.** La alimentación de la caldera de Biomasa se hace mediante aspiración o mediante un tornillo sin fin, que es el sistema más utilizado. La distancia máxima del silo hasta la caldera es de 20 metros y deberá tener un desnivel máximo de 5 metros.

El silo incluye rampas para facilitar la caída del pellet o un agitador que remueva la biomasa dentro del silo y la introduzca dentro del canal de alimentación.



- **Calderas.** Usadas en redes urbanas DH, son de gran potencia (> 70 kW) y por ello para el correcto funcionamiento del sistema, se ha de hacer un estudio detallado para determinar la potencia adecuada de la caldera, de acuerdo con las necesidades energéticas de los edificios.

Es importante seleccionar una caldera de alta eficiencia, con emisiones mínimas, de fácil gestión, poco mantenimiento y que cuente con medidas de seguridad tales como asegurar el no sobrecalentamiento de la caldera y el posible retroceso de llama al silo. La chimenea debería ser de doble pared para evitar condensaciones en los humos y prever operaciones de limpieza periódica.

- **Sistemas de acumulación.** Los sistemas de acumulación compensan la diferencia entre producción de calor en la central DH, y la demanda en los lugares de consumo. Estos sistemas permiten garantizar un nivel mínimo de suministro.

7.5 Clasificación de las Redes District Heating

Las redes DH se pueden clasificar según el tipo de trazado, la topología del circuito, el sector al que se abastece y el tipo de demanda.

7.5.1 Tipo de Trazado

- En una red mallada DH, los edificios están interconectados a la central térmica, mediante varias alternativas, lo que asegura el suministro. Es un diseño complejo y de costo elevado, que solo es justificable en el caso de que sea fundamental, garantizar el suministro o en la situación de que la red sea de gran tamaño.

Tabla 16 Tipos de redes DH

<u>TIPO DE TRAZADO</u>	<u>TIPO DE CIRCUITOS</u>
Malla	Sistema de dos tubos
Árbol	Sistema de tres tubos
Anillo	Sistema de cuatro tubos
<u>TIPO DE SECTOR</u>	<u>TIPO DE DEMANDA</u>
Industrial	Abierta
Residencial	Cerrada
Terciario	



- En el caso de una red ramificada, la forma de conectar cada edificio es mediante una única vía de suministro. Se trata de un tipo de red simple, económica, fácil de implantar, pero de baja capacidad de respuesta ante una avería y que presenta muchas dificultades, en el caso de una ampliación.
- Una red tipo anillo, es básicamente la combinación de las dos redes anteriores explicadas, donde el punto final de la red podrá estar conectado al inicio, teniendo en cuenta la seguridad del suministro.

7.5.2 Tipo de Circuito

- Sistema de dos tubos: Un circuito de dos tuberías básicamente es diseñado para un único uso (DH o DC), consiste en una tubería de retorno y una tubería de transporte hasta la subestación.
- Sistema de tres tubos: Las tuberías transportan un agua fría, un agua caliente y la última funciona de retorno común. Esta configuración no es muy usual e incluso desaconsejable en cuanto a términos de eficiencia energética.
- Sistema de cuatro tubos: Se utiliza para redes DHC, o redes de alimentación de calefacción y refrigeración. Consiste en dos tuberías una de alimentación y una de retorno para cada sistema tanto DH Y DC. Es un sistema de elevado costo y bastante flexible.

7.5.3 Tipo de Sector

- Industrial. Son tipo de redes DH dirigidas a abastecer polígonos industriales y que se diferencian en el tipo de fluido calor portador utilizado en la red, que suele ser vapor o CO₂.
- Residencial. Básicamente son redes para abastecer comunidades de vecinos y viviendas.

7.5.4 Tipo de Demanda

- Demanda abierta. Significa que la demanda a cubrir es del tipo variable.
- Demanda cerrada. Es cuando se conoce los consumos de la red, por ejemplo, en edificios. La red de tuberías de los sistemas DH, se puede dividir en tres categorías principales:
 - Red troncal.
 - Ramales.
 - Acometidas o ramales de servicio.

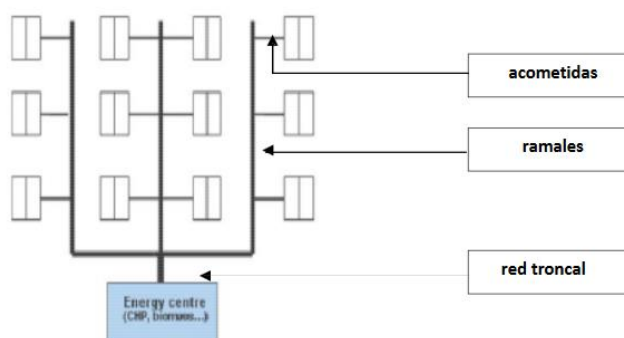


Ilustración 25 Clasificación grupos de tuberías (Fuente ICAEN)

La extensión del sistema y el número de ramificaciones depende de la situación de la planta de producción de energía, del número y distribución de los usuarios y de las pérdidas de energía de la red.

Es muy importante el buen dimensionamiento y distribución de la red, ya que una distribución de la red inapropiada podría llegar a comprometer la rentabilidad económica del proyecto.

7.6 Esquemas de Subestaciones

El esquema de dos etapas es el más usado en el diseño de subestaciones DH, pero a través del tiempo se fueron desarrollando otros esquemas más sencillos, robustos y económicos como el esquema en paralelo y el esquema alemán.

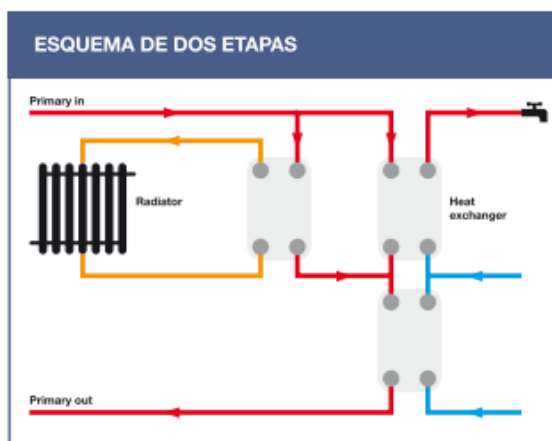


Ilustración 26 Esquema de subestaciones en paralelo

El esquema alemán es una variante del esquema en paralelo, que, aunque requiere más elementos en el sistema, su principal ventaja es que se reduce la fatiga térmica del intercambiador de calor.

En las siguientes figuras, se ilustran los esquemas de subestaciones DH en paralelo y subestaciones en esquema alemán:

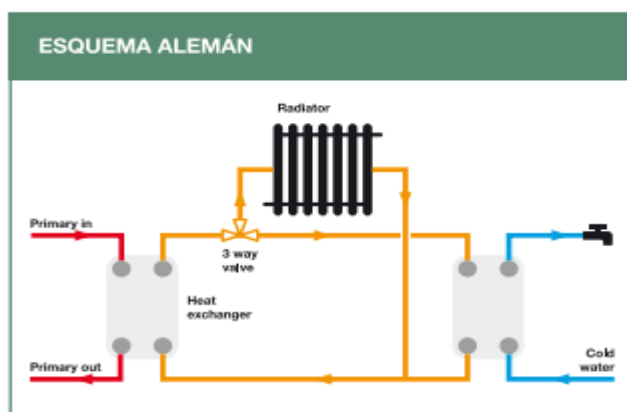


Ilustración 27 Esquema subestación en sistema alemán

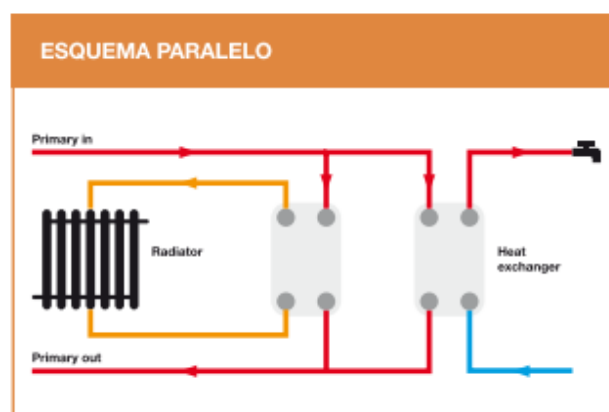


Ilustración 28 Esquema subestación en paralelo

7.7 Alimentación del Sistema

Una red DH puede ser alimentada por diferentes tipos de fuentes de energía, como por ejemplo Gas natural, Electricidad, Aerotermia, Geotermia y Biomasa, en función del precio en el mercado de la energía y de la capacidad económica del usuario.

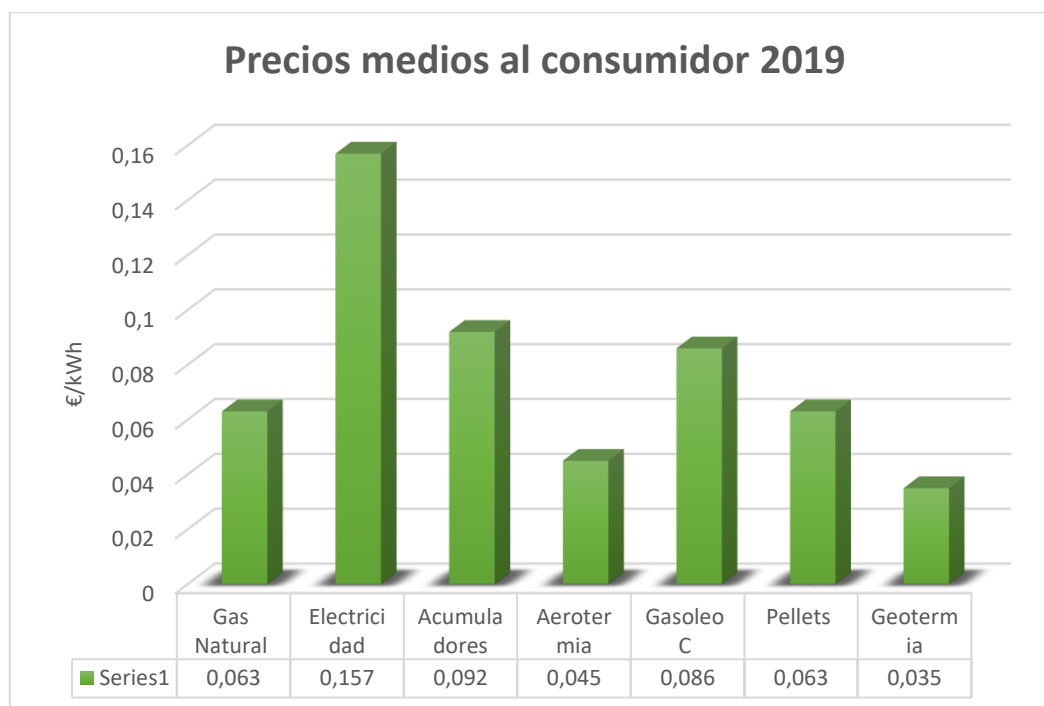


Gráfico 1 Comparativa de precios de energía (€/kWh) (Fuente: Energiza.com)

Las calderas de los edificios sometidos a estudio están alimentadas con gas natural y se pretende dar el cambio a la Biomasa, en este caso Pellets, Cascarilla de Arroz o en su caso Astilla, dado que



el precio de la biomasa es bastante competitivo y estable, con respecto al precio del Gas Natural, la electricidad o el Gasóleo.

Año	Leña (Planifolios M30, P330) c€/kWh	Astilla (clase G30, P31S, P45S) c€/kWh	Pellet (En plus A1, Saco 15 kg) c€/kWh	Pellet (En plus A1, a granel) c€/kWh	Gasoil C para calefacción c€/kWh	Gas Natural c€/kWh
2013	4,990	2,130	5,940	4,980	9,100	6,160
2014	4,990	2,410	6,090	5,060	8,600	6,100
2015	5,310	2,470	5,890	4,900	6,680	5,590
2016	5,310	2,500	5,500	4,740	5,630	5,020
2017	5,310	2,480	5,490	4,650	6,520	5,310
2018	5,310	2,480	5,620	4,750	7,590	6,040
2019	5,310	2,570	6,150	5,190	7,670	5,970

Tabla 17 Comparativa de precios de Combustibles, (Fuente ICAEN)

7.8 Selección del Combustible

La elección de la Biomasa como fuente de alimentación del sistema DH, está condicionada a el análisis comparativo entre consumos anuales, según el tipo de combustible y para diferentes potencias de calderas:

Tabla 18 Comparativa de consumos anuales (Fuente: ICAEN)

COMBUSTIBLE/POTENCIA (kW)	15	20	35	50	100	200	300	400
Astilla	630	840	1470	2100	4200	88400	12600	16800
Leña	855	1140	1995	2850	5700	11400	17100	22800
Pellet	1238	1650	2888	4125	8250	16500	24750	33000
Gas Natural	1485	1980	3465	4950	9900	19800	29700	39600
Gasoil	2160	2880	5040	7200	14400	28800	43200	57600
Propano	2678	3570	6248	8925	17850	35700	53550	71400
Electricidad	4140	5520	9660	13800	27600	55200	82800	11000

En la siguiente tabla se enumeran las ventajas y limitaciones del uso de la Biomasa:



<u>VENTAJAS</u>	<u>LIMITACIONES</u>
Diversificación y ahorro energético.	La instalación de equipos tiene un coste superior a los equipos convencionales.
Balance de CO ₂ neutro.	Se ha de gestionar el aprovisionamiento de combustible.
Bajo contenido en azufre, cloro y nitrógeno, emisiones bajas de SO ₂	Se necesita espacio para almacenamiento.
Los precios de los biocombustibles no están sometidos a la volatilidad del mercado que tienen las fuentes de origen del petróleo.	Se ha de prever la logística de suministro de biocombustible y comprobar que los camiones tengan acceso al silo de almacenamiento.
Crea actividad industrial y fuentes de trabajo.	Baja densidad energética.
El gasto de combustible se produce en el mismo territorio, ayudando a enriquecer el tejido productivo y a generar riqueza en las provincias	La incineración es peligrosa, al producir la emisión de sustancias tóxicas. Por ello se deben utilizar filtros y realizar la combustión a temperaturas mayores a los 900 °C
Nula emanación de gases en el almacenamiento.	Requiere sistemas para la eliminación de cenizas en instalaciones
No genera fluidos contaminantes.	Implica mayores costos de mantenimiento

Tabla 19 Ventajas y limitaciones del uso de Biomasa

7.9 Biomasa

Es una fuente importante de energía renovable, de procedencia orgánica, que puede ser de origen vegetal o animal incluyendo residuos orgánicos. La Biomasa es una material abundante y heterogéneo, que se encuentra disponible en varios formatos y que compite en precio con las fuentes de origen fósil.



Il·lustració 29 Tipus de biomassa (Fuente ICAEN)



7.9.1 Tipos de Biomasa

Existen diversas tipologías de Biomasa en el mercado, y que han ido evolucionando como biocombustibles sólidos preparados y elaborados con el fin de ser utilizados como combustibles en equipos generadores de calor. Los biocombustibles sólidos, más usados en el mercado son:

- Pellets de Madera: es un tipo de biomasa forestal sin aditivos químicos, compactada en forma de granos cilíndricos de reducido tamaño.
- Astilla: este tipo de biomasa es en realidad fragmentos de madera de pequeño tamaño.
- Briqueta: es un tipo de biomasa forestal sin aditivos químicos, compactada en forma de granos cilíndricos de medida superior, es en si el mismo concepto que el pellet.
- Leña: Son trozos de madera de medidas heterogéneas.
- Subproductos industriales: Son residuos de la producción de aceite de oliva, el vino los cereales o el café incluso el arroz [9].

La biomasa se puede dividir en tres grupos:

- Biomasa residual: La que se genera por actividad o proceso orgánico tales como basuras.
- Biomasa natural: La que se produce de forma natural sin intervención del hombre
- Biomasa producida: La cultivada con intención de transformarla en combustible.

7.9.2 Astilla

La Astilla se puede clasificar en dos tipos:

- La Astilla clase 1, que tiene un contenido de cenizas al inferior 1%, apropiadas para todo tipo de instalaciones.
- La astilla clase 2, que tiene un contenido de cenizas inferior al 5% y suele usarse en instalaciones de media a muy alta potencia como las redes de calefacción de distrito.

La Astilla tiene un precio competitivo y un poder calorífico alto, muy cercano al poder calorífico del pellet. Por contra necesita mucho espacio para almacenamiento y el suministro es más complejo y limitado.

En la siguiente tabla, se detallan las emisiones y eficiencia de los diferentes tipos de astilla [10]:



Tabla 19 Estudio de Emisiones y eficiencia de la Astilla (Fuente: ICAEN)

Estudio de influencia de la calidad del combustible en emisiones y eficiencia								
Contaminante		O2	CO	COT [1]	SO2	NOX [2]	Partículas	Eficiencia
Combustible	Clase**							
Unidad		% vol.	mg/Nm^3*					%
Astillas (44%)	B	10,4	1504	62	21	134	82	85,1
Astillas (31%)	A2	10,1	1798	121	30	113	41	85,1
Astillas (24%)	A2	9,8	1524	97	24	108	41	87,7
Astillas (21%)	A2	10,4	1552	53	32	98	35	86,1
Astillas cribadas (24,8%)	A1	10,1	1074	59	29	97	29	92,3
* A condiciones del gas 273,15 101,3 kPa y 10% contenido en O2								
[1] Expresado como C;[2] Suma de NO y NO2 expresado como NO2								
**Clasificación de calidad según norma UNE 17225-4								

7.9.3 Pellets

Los pellets, son un tipo de combustible estándar, compactado, de forma cilíndrica, que en general presenta menos de un 10% de contenido de humedad y un contenido aproximado de azufre y cenizas en torno al 0,05 % y 0,7 % respectivamente.

Tabla 20 Granulometría pellets (Fuente: ICAEN)

	Pellet de baja calidad	Pellet estándar	Pellet de alta calidad
PCI			
(kcal/kg)	>3000	>4.000	>4.300
(kJ/kg)	>12.500	>16.700	>18.000
Humedad (% en masa)	<12	<12	<10
Densidad (kg/m ³)	>1.000	1.000-1.400	>1.120
Contenido en ceniza	<6	<1,5	<0,5
Longitud (mm)	<7x diámetro	<50	<5 x diámetro
Diámetro (mm)	<12	4-10	<8

El poder calorífico del pellet ronda aproximadamente valores cercanos a 4.300 kcal/kg, es decir que aproximadamente 2 kg de pellets equivalen energéticamente a 1 litro de gasóleo.

Las calderas de biomasa admiten pellets de calidades medias y altas, aunque algunas también funcionan con pellets de baja calidad.



Tabla 21 Propiedades Astilla y Pellets (Fuente: ICAEN)

Clase de propiedad	Unidades	Biocombustible	Categoría (EN 14961)		
Método de análisis			A1	A2	B
Humedad	% en la recepción	Pellet (EN 14961-2)	M10	M10	M10
			<10%	<10%	<10%
		Astilla (EN 14961-4)	M10	M35	A especificar
			<10%		
EN 14774-1&2	(% base húmeda)		M25	<35%	>35%
			<25%		
Cenizas, A	% base seca	Pellet (EN 14961-2)	A0,7	A1,5	A3,0
			<0,7%	<1,5%	<3,0%
EN 14775		Astilla (EN 14961-4)	A1,0	A1,5	A3,0
			<1,0%	<1,5%	<3,0%
Poder Calorífico Neto Q	a humedad de recepción	Pellet (EN 14961-2)	Q16,5	Q16,3	Q16,0
			16,5<Q<19	16,3<Q<19	16,0<Q<19
		EN 14918	(MJ/Kg)	Astilla (EN 14961-4)	Q13,0	Q11,0	Q<11,0
>13,0	<11,0				A especificar

7.9.4 Poder Calorífico

Es la cantidad de calor que se obtiene de la oxidación completa, a presión atmosférica, de los elementos de la unidad de masa o volumen de un combustible. En la tabla 23 se resume el PCI de combustibles tales como el Gas Natural, Astilla, Pellets etc.

Tabla 22 PCI Combustibles (Fuente: ICAEN)

PODER CALORIFICO INFERIOR	
Combustible	PCI (kWh/kg)
Astilla (30% humedad)	3,500 kWh/kg
Pellet (DIN plus)	4,900 kWh/kg
Leña (30% humedad)	4,250 kWh/kg
Gas natural	12,772 kWh/kg
Propano	12,784 kWh/kg
Gasóleo	9,994 kWh/kg



7.10 Suministro de Biomasa

Los combustibles como pellets, astilla y huesos de aceituna se distribuyen en variedad de formatos, En este caso el abastecimiento de pellets o astilla se hará mediante camiones cisterna, los cuales cuentan con sistema de pesado para calcular con exactitud, la cantidad de combustible suministrado y equipos de succión mecánica que permiten vaciar los silos. El suministro de combustible deberá ser frecuente y programado.

7.11 Sistemas de Almacenamiento de Biomasa

Las condiciones para los sistemas de almacenamiento de biomasa solida vienen descritas en el reglamento de instalaciones térmicas (RITE).

El lugar definido para almacenamiento de combustible deberá ser empleado única y exclusivamente para este uso. En el caso de edificios de obra nuevas, se debe de disponer de una mínima capacidad para cubrir el suministro de biomasa equivalente al consumo máximo del conjunto de calderas por un periodo de dos semanas.

Cuando el almacenamiento está ubicado fuera del edificio, se permite construir en superficie o en subterráneo. En edificios de nueva obra se precisa un silo de almacenamiento, ubicado en una habitación diferente a la de la sala de calderas.

Los tipos de almacenamiento se pueden dividir en prefabricados, de obra, de nueva construcción o habitaciones existentes adaptadas para su uso.

Los silos subterráneos a través de una trampilla de acceso se pueden llenar con vehículos tipo volquete o caja basculante. Los silos sobre el terreno suelen ser alimentados con vehículos con capacidad de lanzar el combustible sobre la pila del silo.

En almacenamiento de obra es indispensable garantizar la ausencia de humedad, ya que la biomasa pierde sus propiedades como combustible y tiende a aumentar su volumen.

Existen silos de almacenamiento que incluyen sistemas automatizados de alimentación de las calderas. Se recomienda que la puerta de acceso al almacenamiento tenga las siguientes características mínimas:

- Apertura hacia afuera y mirilla de inspecciones visuales del silo.
- Mecanismo de contención para evitar la salida de la biomasa al abrir la puerta.
- Estanqueidad al polvo para evitar filtraciones de finos a otros lugares.



- Si el suministro es por descarga directa al silo, la puerta estará al lado opuesto de la trampilla de carga, si el suministro es del tipo neumático al silo, la puerta debe ubicarse bajo el nivel de las toberas.

Cuando el almacenamiento se lleva a cabo en silos rectangulares, es recomendable implementar suelo inclinado de dos lados, dada la situación en que, en la superficie rectangular, es bastante difícil barrer toda el área del silo.

7.12 Sistemas de Carga del Silo

Los sistemas de carga de los silos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Sistema semiautomático.
- Sistema neumático.
- Sistema de descarga directa.

El sistema neumático permite rellenar el silo de una manera limpia y sencilla mediante un tubo flexible, que incluso llega a distancias de hasta 40 metros.

En este sistema las mangueras de llenado y succión del camión cisterna, son conectadas a las toberas del silo, la manguera principal rellena el silo de pellets y la manguera de succión absorbe los finos introducidos por la manguera principal.



Ilustración 30 Silo de obra para caldera de astilla (Fuente: ICAEN)

Los sistemas de almacenamiento prefabricado suelen utilizarse en calderas pequeñas de pellets y usando sistema de alimentación neumático.

Los sistemas de almacenamiento en obra se utilizan para las calderas de astilla y usualmente la alimentación se lleva a cabo mediante un tornillo sinfín.



7.13 Elección del Tipo de Suministro

Los distintos tipos de suministro ofertados en función del tamaño del combustible se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 23 Sistemas de suministro de biomasa

Tipo de Combustible	Sistema de suministro	
Pellets	Bolsas	Pequeñas
		Grandes(big-bags)
	A granel	Volquete
		Camión cisterna
		Remolque de piso móvil
Astillas	Bolsas	Pequeñas
		Grandes(big-bags)
	A granel	Volquete
		Camión cisterna (algunas clases)
		Remolque de piso móvil
Residuos agroindustriales	Bolsas	Pequeñas
		Grandes(big-bags)

7.14 Alimentación Silo a Caldera

Para transportar el combustible, desde el silo de almacenamiento hasta la caldera, se suele utilizar en el caso de sistemas de gran dimensión, los tornillos sinfín, los cuales permiten limitar la granulometría máxima de combustible a desplazar, la densidad y el caudal con el fin de evitar atascos e incidencias. Existen diferentes configuraciones de suministro:

- Tornillo sinfín rígido: Se utiliza en silos cuadrados y dentro de las ventajas de este sistema, tenemos que precisar poco mantenimiento y tiene un consumo propio mínimo.
- Tornillo sinfín en codo: Se utiliza en silos rectangulares situados sobre las calderas o a un costado. Los niveles de ruido y el consumo de energía eléctrica son reducidos.
- Tornillo sin fin flexible: Permiten la alimentación a distancias de hasta 60 metros, es útil para combustibles con impurezas, que puedan producir atascos en el sistema.
- Sistema neumático: Consiste en una bomba que succiona el combustible del silo y lo envía hasta la caldera. Este sistema permite que el depósito de almacenaje se encuentre alejado hasta una distancia de 15 m de la sala de calderas, es un sistema económico, pero solo admite el uso de pellets.



7.15 Sala de calderas

Se define como sala de máquinas o sala de generación, a los lugares con calderas y equipos auxiliares, en cuyo caso la suma de las potencias totales es superior a 70 kW. Todos los locales desde los que se accede a la sala de calderas se consideran como parte de la misma sala.

7.15.1 Dimensionado de la sala de calderas

Los sistemas de calefacción centralizados con biomasa requieren espacios mayores que los sistemas convencionales, siendo necesario espacio suficiente, para almacenamiento de combustible, acceso para suministro, revisiones y mantenimiento, así como suficiente lugar para los equipos complementarios del sistema.

Las dimensiones de los espacios serán proporcionadas por el fabricante de las calderas, indicando dimensiones, especificaciones técnicas y elementos a incluir en la sala de calderas.

La sala de máquinas deberá incluir, un camino desde su interior hacia el exterior, por el que se podrá transitar, con el equipo más pesado y voluminoso con que se cuente en la misma sala.

Los espacios libres alrededor de las calderas deberán permitir operaciones de manejo y mantenimiento de manera cómoda.

La altura mínima de la sala de calderas será de 2,5 metros y una altura libre de obstáculos y tuberías, por encima de la caldera de un mínimo de 0,5 metros.

Entre calderas, muros laterales y de fondo, deberá existir un espacio libre mínimo de 80 centímetros para labores de mantenimiento.

Cuando las calderas sean de tipo modular, formando una batería de calderas o cuando las paredes laterales no necesiten acceso, pueden reducirse la distancia entre calderas, teniendo en cuenta el espacio para operaciones de montaje y mantenimiento.

7.15.2 Ventilación de la sala de calderas

Los objetivos fundamentales de la ventilación en las salas de calderas son evacuar el calor residual de los equipos y suministrar el aire necesario para la combustión.

La ventilación se aplica a salas con potencias superiores a 70 kW. Es recomendable que la ubicación de la sala de calderas sea en una zona en contacto con el ambiente exterior, de manera que se pueda hacer uso de la ventilación natural directa por aperturas. No obstante, es válido el uso de sistemas de ventilación natural directa por conductos y los sistemas de ventilación forzada.



7.15.3 Ventilación natural directa por aberturas

Este tipo de ventilación puede hacerse con orificios de área libre mínima de 5 cm² por cada kW de potencia térmica nominal. Es recomendable hacer varias aberturas y posicionarlas a diferentes alturas y en distintas paredes, de manera de que favorezca el barrido de la sala, por parte de las corrientes de aire.

En cualquier caso, se añadirán en la parte superior de las paredes, aberturas de superficie mínima, igual a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de calderas.

7.16 Requisitos de seguridad

Por regla general las calderas de biomasa deben disponer de sistemas de seguridad específicos:

Tabla 24 Sistemas de seguridad en calderas de biomasa

Elemento	Función
Interrupción de flujo	Detener la circulación del fluido en el interior de la caldera
Dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión	Interrumpir la combustión en el caso de alcanzarse temperaturas superiores a las de diseño o de existir retroceso de los productos de la combustión o de llama
Dispositivo contra el retroceso de llama	Evitar el retroceso de la llama de la caldera hacia el silo de almacenamiento de la biomasa
Sistema de eliminación de calor residual	Eliminar el calor adicional producido por la biomasa ya introducida en la caldera cuando se interrumpe la combustión
Válvula de seguridad	Desviar el agua a sumidero en caso de sobrepasarse en más de 1 bar la presión de trabajo del agua

7.17 Requisitos comunes para salas de calderas

Todas las salas de calderas de biomasa, deberán además de disponer de los requisitos de seguridad mencionados en el RITE, cumplir las prescripciones generales de seguridad establecidas en la sección SI-1 del documento básico SI Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de Edificación (CTE) [11].

Como requisito inicial, las salas de calderas no pueden ser utilizadas para otros fines, ni se podrá realizar trabajos que no correspondan a los propios de la instalación.

La entrada normal a la sala de máquinas no debe hacerse a través de abertura en suelo o techo. El tamaño de la puerta de acceso será la suficiente para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos, que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.



Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala debe dejarse espacio suficiente para permitir el movimiento de equipos, desde la sala hacia el exterior y viceversa.

Se debe garantizar la accesibilidad a las conexiones entre los generadores de calor y las chimeneas.

Los motores y sus transmisiones deberán estar lo suficientemente protegidos, para evitar los accidentes fortuitos de personal.

Las puertas serán de fácil apertura desde el interior, aunque se hayan cerrado, previamente desde el exterior y cuando estén en contacto con el exterior, deberán tener una permeabilidad no mayor a 1 l/ (s.m²) bajo una presión diferencial de 100 Pa.

Las tomas de ventilación no estarán comunicadas, con otros recintos cerrados y los elementos que delimitan la sala, no permitirán filtraciones de humedad. La sala deberá disponer de un sistema de desagüe por gravedad o en su caso por bombeo.

En cuanto a las instalaciones eléctricas de la sala, el cuadro eléctrico de protección y mandos o por lo menos el interruptor general, estará ubicado en cercanías de la puerta principal de acceso.

El interruptor general deberá diseñarse de tal manera que no pueda cortar la ventilación general de la sala. De igual manera el interruptor del sistema de ventilación forzada deberá ubicarse en las proximidades de la puerta principal de la sala de calderas.

En cuanto a iluminación, la sala de calderas deberá de disponer de la suficiente luminosidad para poder realizar trabajos de inspección y conducción. El valor mínimo admisible del nivel medio de iluminación en servicio es de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5.

En el exterior de la puerta de acceso de la sala de calderas y en su interior, figuraran visibles y protegidas, las siguientes indicaciones:

Tabla 25 Indicaciones en sala de caldera (Fuente: RITE)

Instrucciones para sala de calderas	
En el exterior de la puerta de acceso	Cartel con la inscripción: "Sala de Máquinas, Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio"
En el interior de la sala de calderas	<p>Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso de que sea necesario, con señal de alarma de urgencia y dispositivo de corte rápido</p> <p>Nombre, dirección y número de teléfono de la empresa encargada del mantenimiento</p>



En el interior de la sala de calderas	Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos. Dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo. Plano con esquema de principio de instalación
---------------------------------------	--

7.18 Requisitos según el nivel de riesgo

El Documento Básico SI, Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de Edificación (CTE), establece el nivel de riesgo de las salas de calderas según la potencia:

- $P < 70 \text{ kW}$ No se considera riesgo en la sala de calderas
- $70 < P < 200$ Riesgo Bajo
- $200 < P < 600$ Riesgo medio
- $P > 600$ Riesgo Alto

A su vez el RITE, establece como salas de máquinas de alto riesgo, aquellas que cumplen cualquiera de las siguientes condiciones:

- Las realizadas en edificios institucionales o de publica concurrencia.
- Las que trabajen con agua a temperatura superior a $110 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.19 Chimeneas

El sistema de evacuación de humos consiste en una chimenea, que en el caso de usar la biomasa como combustible, hay que prever un volumen de gases ligeramente superior, en comparación al volumen de gases en una chimenea de combustible líquido o gaseoso.

En las instalaciones térmicas, la evacuación de los productos de la combustión se debe realizar por la cubierta del edificio y teniendo en cuenta las normas generales para los siguientes casos:

- a) Los edificios de obra nueva, en los que no se vaya a disponer de una instalación central térmica, ni individual, dispondrán de una preinstalación, para la salida individualizada de los productos de la combustión, mediante un conducto conforme con la normativa europea que desemboque por cubierta y que permita conectar en su caso calderas de combustión estanca tipo C, según la norma UNE-CEN /TR 1749 IN [11].
- b) Los edificios de obra nueva, en los que se vaya a disponer de una instalación central térmica, la salida de los productos de la combustión del generador se realizara por un



conducto por la cubierta del edificio, igual que en el apartado interior en los casos de instalación individualizada.

- c) Cuando la instalación térmica sea objeto de reforma, por cambio de los generadores y que ya cuentan con conducto de evacuación a cubierta, este será empleado, siempre que sea el adecuado al nuevo generador.
- d) Queda prohibida la unificación del uso de los conductos de evacuación de los productos de la combustión con otras instalaciones.
- e) Los generadores de potencia nominal, mayor que 400 kW tendrán su propio conducto de evacuación de los productos de la combustión.
- f) Los generadores de potencia nominal, menor que 400 kW, que tengan la misma configuración para evacuación de los productos de la combustión, podrán tener el conducto de evacuación común a varias de ellas, siempre y cuando la suma de la potencia sea igual o menor a 400 kW. De estar instaladas en cascada, el ramal auxiliar, anterior al conducto común, deberá tener un tramo vertical ascendente de altura mínima 0,2 m.
- g) En ningún caso se podrá conectar a un mismo conducto de humos, calderas que empleen diferentes combustibles.
- h) Es válido el dimensionado de chimeneas, según lo indicado en las normas UNE-EN 13384-1 [12], UNE-EN 13384-2 o UNE-EN 123001, en su caso.
- i) Se analizará el comportamiento de la chimenea, en diferentes condiciones de trabajo, comprobando su funcionamiento en condiciones extremas de invierno y verano.
- j) El intervalo horizontal del sistema de evacuación, con pendiente hacia la caldera, será lo más corto posible.
- k) Se debe disponer de un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.
- l) La chimenea deberá ser de material resistente a la acción de los productos de la combustión y a la temperatura con el aislamiento adecuado al tipo de generador empleado.

7.20 Ruido

En lo que a calidad del ambiente acústico se refiere, el RITE remite el documento Básico DB-HR, protección frente al ruido del Código Técnico de Edificación (CTE) [13].

A pesar de ello las calderas de biomasa suelen incluir sistemas de reducción de ruidos, siendo estas en general silenciosas, en comparación con las calderas de gasóleo.



Deberán de contar con apoyos y conexiones antivibración, para disminuir los problemas de las vibraciones que se transmiten a la estructura dl edificio.

8. Normas y referencias aplicables

El proyecto se redacta ejecutando, todas las prescripciones de obligado cumplimiento, de manera que se puedan conseguir, los correspondientes permisos de ejecución y autorizaciones administrativas. Los reglamentos y normas que se han considerado son los siguientes:

8.1 Legislación

- REAL DECRETO 314/2006. Código técnico de la edificación. Documento Básico HE: Ahorro de energía [14].
- REAL DECRETO 314/2006. Código técnico de la edificación. Documento Básico SI: Seguridad en caso de incendio [11].
- REAL DECRETO 1027/2007. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas (IT) [4].
- REAL DECRETO 2060/2008. Reglamento de aparatos de presión y sus instrucciones técnicas complementarias [15].
- REAL DECRETO 842/2002. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)-BT1 a BT51 [16].
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre. Por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción [17].
- REAL DECRETO 865/2003. Criterios higiénico sanitarios para la prevención y control de la legionelosis[18].
- Decreto 9/2001. Criterios sanitarios para la prevención de la contaminación por legionela en las instalaciones térmicas[19].
- Ley 30/2007 del 30 de octubre de contratos del sector Publico [19].
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales aprobada por el Real Decreto 31/1995 de 8 de noviembre y la Instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E 8/3/1996) [20].
- Comunicación de la Comisión Europea COM/2005/628, de 7 de diciembre de 2005, sobre la promoción del uso de la energía de biomasa [21].



- Ley de protección del ambiente atmosférico.(LPAA) [22].

8.2 Normativa

- UNE 157001.Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico [23].
- UNE-EN 12831:2003. Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño [24].
- UNE-EN 12108:2002. Sistemas de canalización en materiales plásticos. Practica recomendada para la instalación en el interior de los edificios de sistemas de canalización a presión de agua caliente y fría destinada al consumo humano [25].
- UNE-EN 13384-1. Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y de fluidos dinámicos [12].
- UNE-EN 1856-1. Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas [26].
- UNE-EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia de estanqueidad [27].
- UNE 82103:1996 Unidades SI y recomendaciones para el empleo de sus múltiplos y submúltiplos y de algunas otras unidades [28].
- UNE-EN ISO 17725-2:2014 Biocombustibles solidos especificaciones y clases de combustibles [29].

8.3 Software de cálculo

- Logstor Calculator
- AutoCAD 2020
- SF Pressure Drop
- Sedical Software
- VP Clima
- Prysmian Cable App
- Excel Microsoft
- DINAKALC
- CYPE 2019
- Hoja de cálculo dimensionado de depósitos de Inercia Javier Ponce



9. Análisis de la Demanda Energética y Consumos

Se ejecuta un análisis del consumo, de cada uno de los edificios alimentados por la red DH, en este apartado se definirán las instalaciones a conectar a la red de calor, teniendo en cuenta los siguientes condicionantes:

- Campo de futbol: Los vestuarios del campo de futbol tienen actualmente ACS a partir de una caldera de combustible gas natural.
- Piscina municipal: Los vestuarios y la piscina cubierta tienen suministro de ACS a partir de dos calderas de gas natural y placas de solar térmica. En los meses de verano hay una demanda escasa y coincide con la temporada de mayor producción de energía solar, por lo que se intuye un excedente de energía, que se podría aprovechar para el calentamiento de la piscina externa.
- Residencia deportiva: Básicamente el consumo es de ACS, a partir de una caldera de gas natural y un complemento de placas de solar térmica. En los meses de verano hay una demanda escasa y coincide con la temporada de mayor producción de energía solar, por lo que se intuye un excedente de energía que no se aprovecha.
- Pabellón PAV-2: No hay datos de consumos por ser un edificio en construcción.
- Pabellón 1: El consumo fundamentalmente es de ACS y la producción es a cargo de una caldera de gas natural.
- Vestuarios pistas de futbol sala: Los vestuarios no disponen de sistema de calefacción, disponen de dos Termos electricos verticales de Potencia 8kW y capacidad de 500 l cada uno para consumo de ACS.
- Pabellón de Escalada: No hay datos de consumos por ser un edificio en fase de anteproyecto.
- Pabellón pista de Atletismo cubierta: No hay datos de consumos por ser un edificio en fase de anteproyecto.

En conclusión, la red District Heating solucionaría el problema de suministro actual de todos los edificios en los meses de invierno, evitaríamos el uso de termos eléctricos y estaría en capacidad de suministrar ACS tanto a la piscina interior, así como a la piscina exterior y a las futuras ampliaciones de la red.

9.1 Características de las instalaciones

En la siguiente tabla, se resume las características de uso de los edificios:



Tabla 26 Características de uso de los equipamientos

CARACTERISTICAS		
EDIFICIO	EQUIPAMIENTO	USO
Campo de futbol	1 Caldera de Gas	ACS
Piscina	2 Caldera de Gas	ACS/Calefacción
	Placas solares	
Residencia deportiva	1 Caldera de Gas	ACS
	Placas solares	
Pabellón nuevo	1 Caldera de Gas*	ACS
Pabellón 1	2 Caldera de Gas	ACS
Pabellón 3	2 termos eléctricos	ACS
Pabellón escalada	1 Caldera de Gas*	ACS
*Nueva construcción		

9.2 Horarios

En la siguiente tabla, se especifican los horarios de apertura y cierre y una estimación de las horas anuales de funcionamiento de cada uno de los equipamientos:

Tabla 27 Horarios de los equipamientos

CARACTERITICAS DE HORARIOS			
EDIFICIO	USO	HORARIO DISPONIBILIDAD	HORAS ANUALES
Campo de futbol	ACS	Lunes a viernes: de 09:00 a 13:00 y de 16:00 a 22:00 Sábados de 09:00 a 20:00 Domingos de 09:00 a 20:00	3744
Piscina	ACS	Lunes a viernes: de 7:00 a 22:00 Sábados de 10:00 a 14:00 de 16:00 a 20:00 Domingos de 10:00 a 14:00.	4535
Residencia deportiva	ACS/Calefacción	24 horas	8760
Pabellón nuevo	ACS	Lunes a viernes: de 07:30 a 23:00 Sábados de 09:00 a 21:00 Domingos de 9:00 a 14:00	4296
Pabellón 1	ACS	Lunes a viernes: de 07:30 a 23:00 Sábados de 09:00 a 21:00 Domingos de 9:00 a 14:00	4296
Pabellón 3	ACS	Lunes a viernes: de 07:30 a 23:00 Sábados de 09:00 a 21:00 Domingos de 9:00 a 14:00	4296
Pabellón escalada/Atletismo	ACS	Lunes a viernes: de 7:30 a 23:00 Sábados de 09:00 a 21:00 Domingos de 9:00 a 14:00	4296



9.3 Consumo de combustible

En la siguiente tabla, se resume el consumo y coste anual de combustible de los equipamientos:

Tabla 28 Consumos de los equipamientos (kWh)

CONSUMO DE ENERGIA Y COSTES AÑO 2019				
CENTRO	COMBUSTIBLE	CONSUMO		FACTURA (€)
		m3	kWh	
Campo de futbol	GAS NATURAL	6027,29	69924	4421,26
	ELECTRICIDAD	-	-	-
Piscina	GAS NATURAL	45182	522505	25588,98
	PLACAS SOLARES	-	-	-
Residencia deportiva	GAS NATURAL	6006	69468	4375,57
	PLACAS SOLARES	-	-	-
Guardería	GAS NATURAL	3757	43374	2696,68
	PLACAS SOLARES	-	-	-
Pabellón 1	GAS NATURAL	3052	35178	2197,4
Pabellón 3	ELECTRICIDAD	-	-	-
	PLACAS SOLARES	-	-	-

9.4 Procedimiento del cálculo de la demanda

Se ha elaborado una estimación aproximada, de la cantidad de usuarios que llegan a las instalaciones. Para determinar la demanda térmica de los edificios y el consumo energético asociado, teniendo en cuenta el consumos de combustible, la cantidad de usuarios y las proyecciones para los nuevos edificios se hace uso de la siguiente expresión:

$$D_{acs} \left[\frac{kcal}{mes} \right] = usuarios \text{ al mes} \times consumo \text{ de ACS } \left(\frac{litros}{usuario} \right) \times C_p \times \Delta T$$

Donde,

$$C_p = \text{Calor específico del agua} = 1 \frac{kcal}{kg} ^\circ C$$

$$\Delta T = \text{Salto termico } (60^\circ C - \text{Temperatura de red})$$



9.4.1 Datos de partida

Para la estimación de la demanda energética, se ha de partir de los siguientes datos:

- Consumo de agua (l/día), según el Documento Básico de Ahorro de Energía, sección HE4, para una temperatura de 60 °C [14].

Tabla 29 Consumo (l/día) de agua (Fuente: DB HE sección HE4)

Criterio de la demanda	Litros / día*unidad	Unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centros de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel****	55	Por persona
Hotel***	41	Por persona
Hostal**/Hostal	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/duchas colectivas	21	Por persona
Escuelas sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fabrica y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

- Factores de conversión
 - 1 kcal = 0,00116222 kWh.
 - 1 litro de agua = 1 kg.

El procedimiento es el siguiente:

- Para cada uno de los edificios, se realiza una estimación de la demanda energética, basado en una aproximación de la cantidad de usuarios que usan las instalaciones.
- Se recopilan los datos de consumo anual de gas natural de los edificios.



c) Se compara la estimación de la demanda energética, con el consumo anual de gas natural.

Para calcular el salto térmico (ΔT), se tendrá en cuenta la temperatura del agua de red, de la provincia de Tarragona, Datos Norma UNE 94.002/95 [30].

En la siguiente tabla, se enumeran la temperatura de red para la zona de Tarragona:

Tabla 30 Temperatura media del agua red de Tarragona en °C (Fuente: Guía Técnica de ACS)

MES	TEMPERATURA DE RED
Enero	10
Febrero	11
Marzo	12
Abril	14
Mayo	16
Junio	18
Julio	20
Agosto	20
Septiembre	19
Octubre	16
Noviembre	12
Diciembre	11

9.5 Resumen de Resultados de la demanda energética de los edificios

Para el cálculo de los usuarios de las instalaciones se ha de tener en cuenta:

- En el campo de futbol, una media de usuarios de 1.280 personas a la semana.
- Para la Piscina municipal, una media de usuarios de 6.500 personas semanales.
- En la Residencia deportiva, una estimación diaria de 52 personas.
- En cuanto al pabellón municipal, se estima una media diaria de 85 usuarios.
- En las pistas de fútbol sala, se estima una afluencia media diaria de 187 usuarios.
- Para el pabellón Pav-2, se estima una media de 180 usuarios al día.
- Para el pabellón de escalada, se prevé 90 usuarios al día.
- En cuanto al pabellón de atletismo, se estima una media de 170 personas al día.



9.5.1 Demanda energética Campo de fútbol

A continuación, en la tabla 12 un resumen de la demanda energética del edificio Campo de Fútbol, con el grafico correspondiente:

Tabla 31 Estimación de la demanda energética Campo de futbol (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura °C	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	5.684	119.364,00	10	50	5.968.200,00	6.936,36
Febrero	5.132	107.772,00	10	50	5.388.600,00	6.262,74
Marzo	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Abril	5.491	115.316,04	10	50	5.765.802,00	6.701,13
Mayo	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Junio	1.830	38.438,68	10	50	1.921.934,00	2.233,71
Julio	1.894	39.785,83	10	50	1.989.291,50	2.311,99
Agosto	2.745	57.658,02	10	50	2.882.901,00	3.350,57
Septiembre	5.491	115.316,04	10	50	5.765.802,00	6.701,13
Octubre	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Noviembre	5.684	119.364,00	10	50	5.968.200,00	6.936,36
Diciembre	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Total, Anual	56.687,84	1.190.444,57			59.522.228,50	69.177,92
Media diaria	155,31	3.261,49			163.074,60	189,53

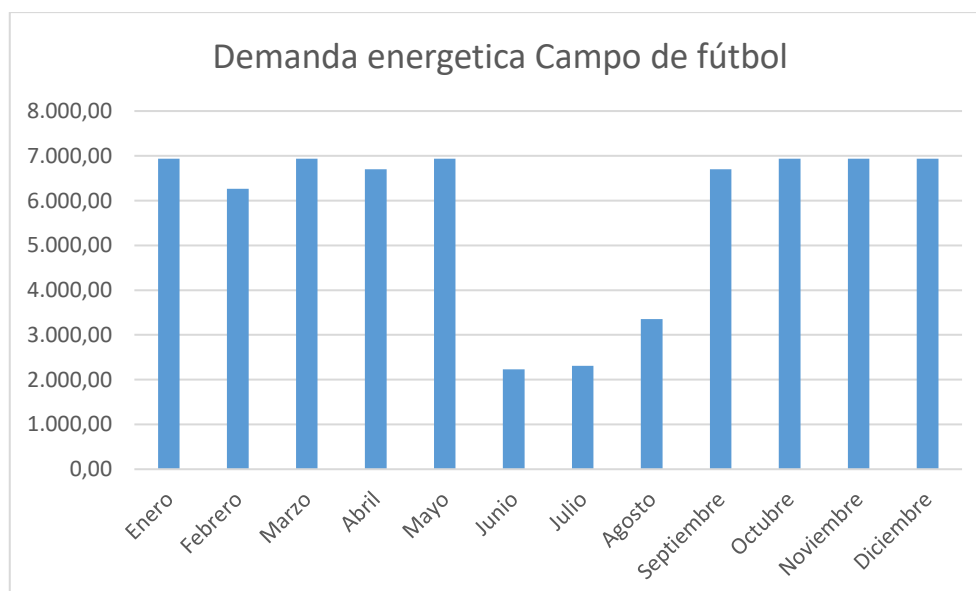


Gráfico 2 Estimación demanda energética Campo de futbol (kWh)



9.5.2 Consumo de gas Campo de futbol

A continuación, un resumen del consumo de gas del edificio en el año 2019, con el grafico correspondiente:

Tabla 32 Consumo de gas Campo de futbol (kWh)

	PERIODO	CONSUMO (kWh)	DIAS	IMPORTE (SIN IVA)	COSUMO (m3)	TOTAL (€)
DIC-ENE	01/12/2018 a 29/01/2019	15.496,00	59	733,54	1.328,00	887,58
FEB-MAR	30/01/2019 a 28/03/2019	14.028,00	58	684,93	1.202,00	828,77
ABR-MAY	29/03/2019 a 30/05/2019	13.134,00	62	665,01	1.134,00	804,66
JUN-JUL	31/05/2019 a 01/08/2019	3.326,00	62	262,41	287,00	317,52
AGO-SEPT	02/08/2019 a 03/10/2019	11.168,00	62	610,11	969,00	738,23
OCT-NOV	04/10/2019 a 04/12/2019	12.607,00	62	687,02	1093,00	831,29
TOTAL		69.759,00	365	3643,02	6.013,00	4408,05

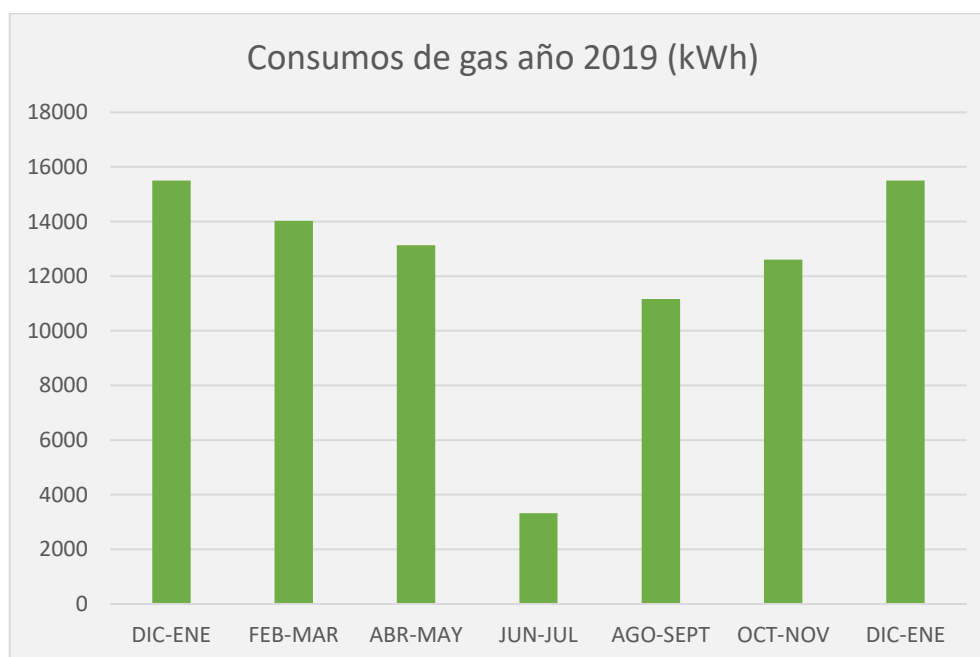


Gráfico 3 consumo de gas campo de futbol



9.5.3 Demanda energética Vestuarios Piscina Municipal

A continuación, un resumen de la demanda energética del edificio, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios y el consumo de agua en litros/mes. Esta aproximación, incluye el cálculo del consumo de agua en los vestuarios y no toma en cuenta el consumo de agua para el vaso de la piscina interior, la piscina infantil y el agua utilizada en el jacuzzi.

Tabla 33 Estimación demanda energética Vestuarios Piscina (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS	Temperatura	Salto térmico	Demanda Energética	Demanda Energética
		(Litros)		(ΔT)	(Kcal)	(kWh)
Enero	29.216,00	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Febrero	26.380,00	553.980,00	10	50	27.699.000,00	32.192,33
Marzo	29.216,00	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Abril	28.227,00	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Mayo	29.216,00	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Junio	26.283,00	551.953,08	10	50	27.597.654,00	32.074,55
Julio	27.205,00	571.297,23	10	50	28.564.861,50	33.198,65
Agosto	27.205,00	571.297,23	10	50	28.564.861,50	33.198,65
Septiembre	28.227,00	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Octubre	29.216,00	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Noviembre	28.227,00	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Diciembre	29.216,00	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Total, Anual	337.834,00	7.094.467,59			354.723.379,50	412.266,63
Media diaria	925,57	19.436,90			971.844,88	1.129,50

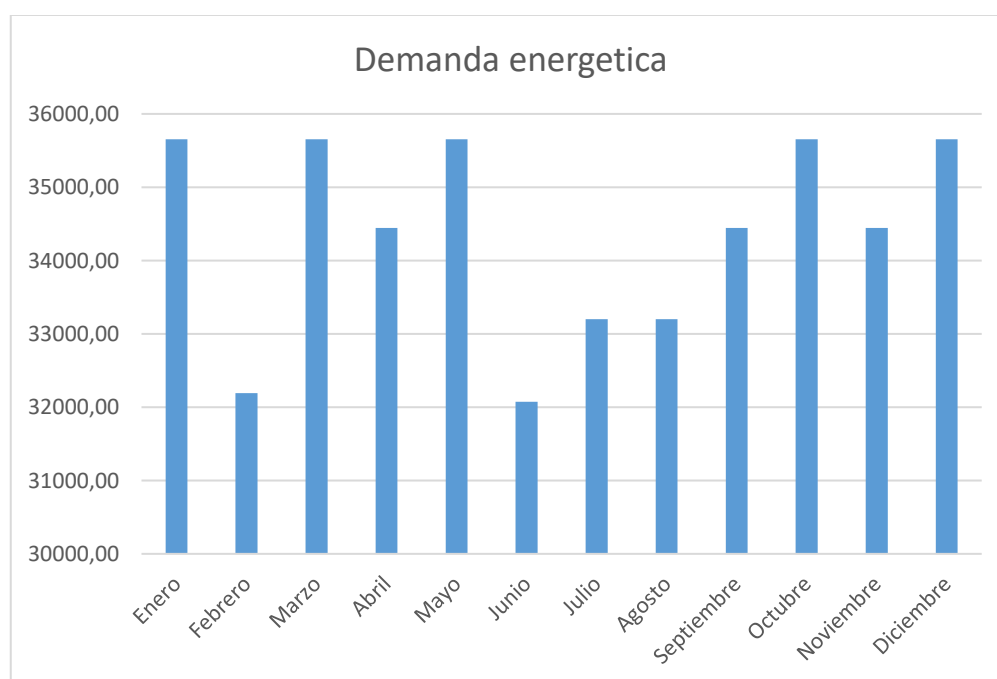


Gráfico 4 Demanda energética Vestuarios Piscina (kWh)



9.5.4 Consumo de gas Piscina Municipal

Para el consumo de gas, se han reflejado los datos de facturas del año 2019. Los datos de consumo incluyen los correspondiente a los vestuarios de la Piscina y el consumo de la Piscina climatizada. A continuación, el resumen de facturas de gas, acompañado del correspondiente gráfico:

Tabla 34 Consumo de gas piscina 2018- 2019 (kWh)

	PERIODO	CONSUMO (kWh)	DIAS	IMPORTE (SIN IVA)	COSUMO (m ³)	TOTAL (€)
NOV-DIC	18/11/2018 a 20/12/2018	75966	33	2876,04	6570	3480,01
DIC-ENE	21/12/2018 a 16/01/2019	59931	29	2274,13	5166	2751,7
ENE-FEB	17/01/2019 a 16/02/2019	75873	31	2961,85	6547	3583,84
FEB-MAR	17/02/2019 a 19/03/2019	75213	28	2936,37	6494	3553,73
MAR-ABR	20/03/2019 a 17/04/2019	63740	29	2501,15	5501	3026,39
ABR-MAY	18/04/2019 a 16/05/2019	41527	29	1690,99	3587	2046,1
MAY-JUN	17/05/2019 a 14/06/2019	22926	29	976,35	1988	1181,38
JUN-JUL	15/06/2019 a 18/07/2019	13670	33	639,83	1181	774,19
JUL-AGO	19/07/2019 a 14/08/2019	7787	27	404,86	674	489,88
AGO-SEP	15/08/2019 a 16/09/2019	14979	33	716,41	1304	866,86
SEP-OCT	17/09/2019a16/10/2019	21302	29	964,16	1851	1166,63
OCT-NOV	17/10/2019 a 20/11/2019	49591	35	2205,18	4319	2668,27
TOTAL		522505	365	21147,32	45182	25588,98

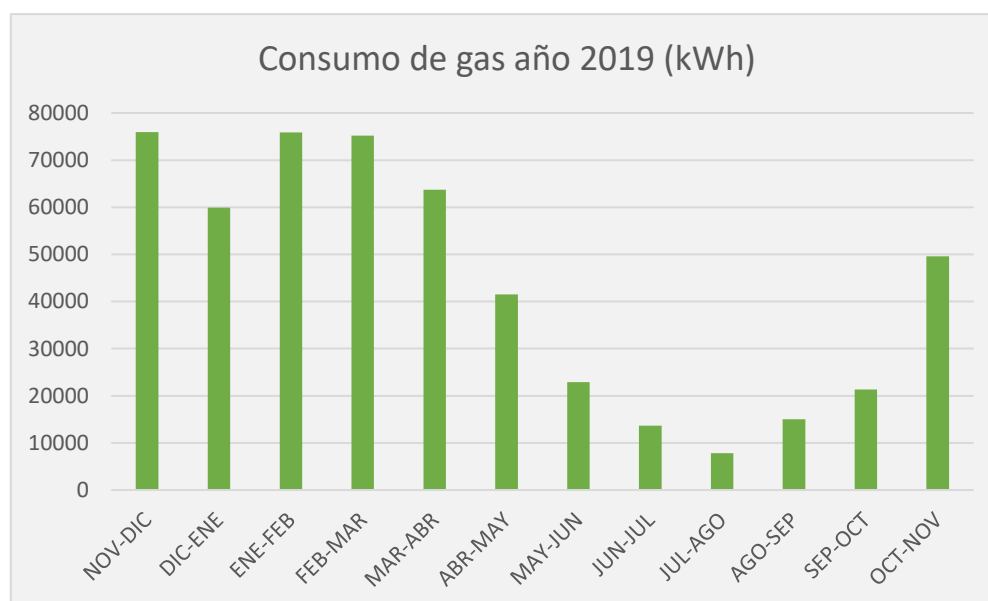


Gráfico 5 consumo de gas Piscina Municipal (kWh)

La diferencia de resultados entre la estimación de la demanda energética de los vestuarios de la piscina y el del consumo anual de gas natural, radica en que este último toma en cuenta la energía utilizada para climatización de la piscina y calentamiento del vaso.

En cuanto a la climatización de la piscina cubierta, es necesario determinar la potencia necesaria para cumplir con las necesidades previstas, de calefacción y ACS.



En el documento Anejo I: “Demanda energética y consumo de los edificios” se detallan los resultados de cálculos de necesidades de des humectación, renovación de aire, potencia de puesta en marcha, potencia de mantenimiento de la piscina y del cálculo de pérdidas en el vaso de la piscina.

9.5.4.1 *Pérdidas energéticas en la Piscina climatizada*

Se resumen a continuación, los resultados del cálculo de pérdidas de energía en la piscina climatizada:

Se calcula una potencia aproximada de 211,497 kW, correspondientes a la potencia necesaria durante el llenado de ACS de los vasos, el tiempo estimado para la puesta en funcionamiento son 96 horas.

El vaciado – llenado de la piscina se realizará en los meses de verano, que son los de menor demanda energética del año y que coinciden con los meses de mayor aporte de energía solar, la cual se usa como apoyo para el calentamiento del vaso, utilizando las placas de solar térmica

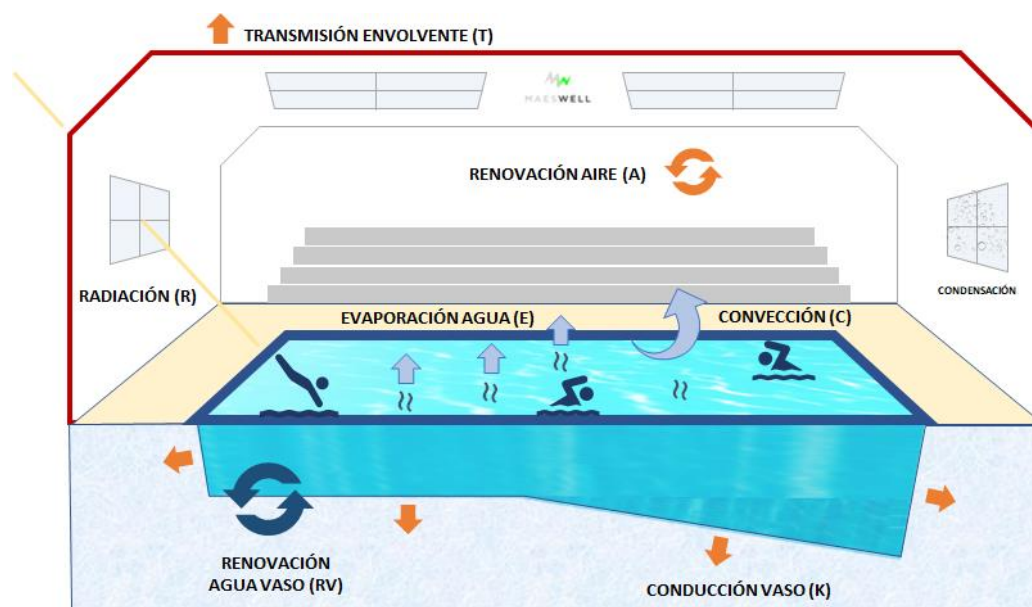


Ilustración 31 Pérdidas de energía (Fuente: CIATESA)

9.5.4.2 *Resultados técnicos*

- Des humectación:

Necesidades de des humectación total: 124,254 kg/h



- Aire exterior total de renovación: 4500,00 m³/s
- Potencia necesaria durante puesta en marcha 211,497 kW
- Potencia para mantenimiento 144,589 kW

En la siguiente tabla, se resumen las pérdidas de la instalación:

Tabla 35 Pérdidas Energéticas de la Piscina Climatizada

Pérdidas de la instalación	Potencia (W)
Evaporación	88.446,65
Radiación	6704,221
Convección	887,676
Renovación agua	40.089,60
Transmisión	8.461,37
Potencia mantenimiento	144.589,51
Potencia puesta régimen	211.497,00
Cerramiento 1	3.871,46
Cerramiento 2	4.968,44
Cerramiento 3	4.578,60
Cerramiento 4	12.508,22
Cerramiento 5	21.659,79
Renovación aire	41.359,50

9.5.5 Demanda energética Residencia Deportiva

Se realiza una estimación de la demanda energética, basada en la cantidad de usuarios que disponen mensualmente de las instalaciones, teniendo en cuenta el consumo de ACS:

A continuación, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del edificio Residencia Deportiva CTE y acompañado del correspondiente gráfico:



Tabla 36 Estimación demanda energética Residencia deportiva (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura °C	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Febrero	1.512	104.328	10	50	5.216.400	6.062,60
Marzo	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Abril	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Mayo	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Junio	540	37.260	10	50	1.863.000	2.165,22
Julio	558	38.502	10	50	1.925.100	2.237,39
Agosto	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Septiembre	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Octubre	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Noviembre	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Diciembre	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Total, Anual	17.460	1.204.740			60.237.000	70.008,65
Media diaria	47,84	3300,66			165032,88	191,80

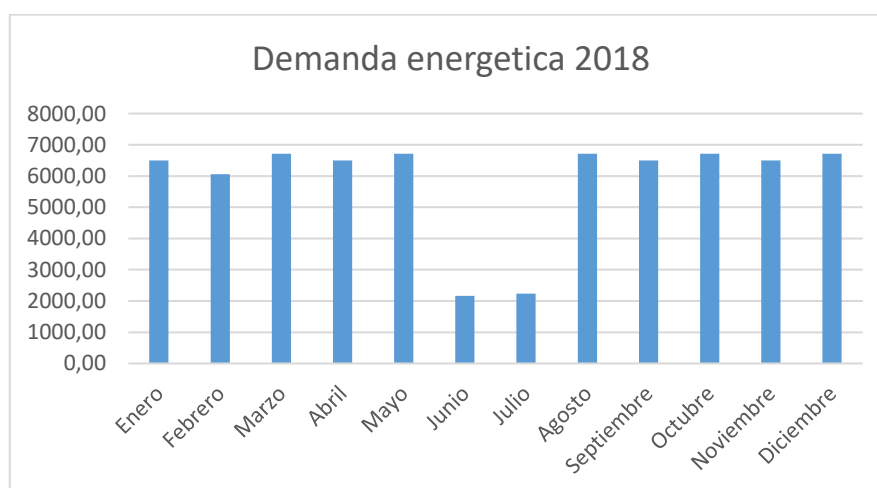


Gráfico 6 demanda energética Residencia deportiva (kWh)



9.5.6 Consumo de gas Residencia Deportiva

A continuación, un resumen del consumo de gas del edificio en el año 2019, acompañado del grafico correspondiente:

Tabla 37 Consumos de gas Residencia

	PERIODO	CONSUMO (kWh)	DIAS	IMPORTE (SIN IVA)	CONSUMO (m3)	TOTAL (€)
DIC-ENE	01/12/2018 a 29/01/2019	11.982,00	60	597,34	1036,00	722,78
FEB-MAR	30/01/2019 a 28/03/2019	13.537,00	58	694,44	1170,00	840,27
ABR-MAY	29/03/2019 a 30/05/2019	11.506,00	63	552,9	963,00	669,01
JUN-JUL	31/05/2019 a 01/08/2019	3.297,00	63	190,04	287,00	229,95
AGO-SEPT	02/08/2019 a 03/10/2019	13.173,00	63	682,83	1153,00	826,22
OCT-NOV	04/10/2019 a 04/12/2019	15.973,00	62	898,63	1397,00	1087,34
TOTAL		69.468,00	369	3616,18	6006,00	4375,57

A continuación, un histórico anual del consumo de gas del edificio:

Tabla 38 Tabla historial de consumo de gas la Residencia deportiva (kWh)

	GAS NATURAL		
	2013	2014	2015
Consumo anual (kWh)	8527,00	23990	14,379,45
Gasto anual (€)	798,48	1081,33	1090,95
Precio de la energía (€/kWh)	0,094	0,077	0,076
Consumo por superficie kWh/m2)	4,11	6,74	6,93
Número de usuarios por día	54	54	54
Consumo por usuario (kWh/usuario)	157,91	259,07	266,29
Gasto / Superficie (€/m2)	0,38	0,52	0,53
Gasto /Usuario (€/usuario)	14,79	20,02	20,20

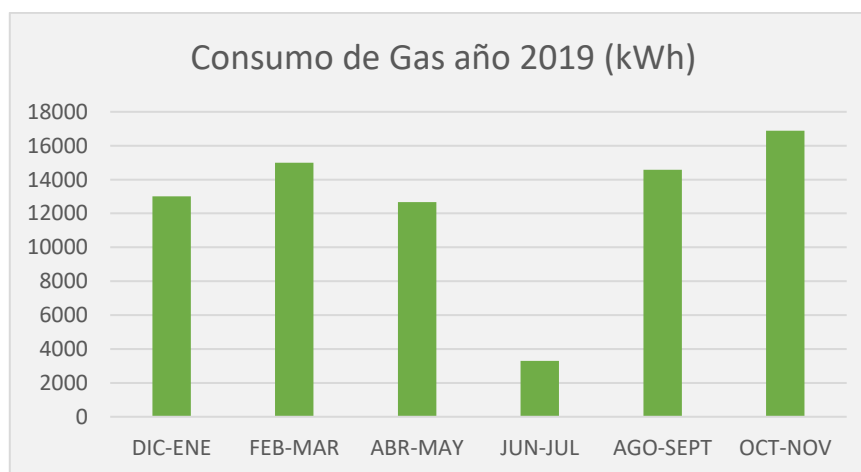


Gráfico 7 consumos de gas Residencia (kWh)



9.5.7 Demanda energética Pabellón 1

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del edificio, acompañados del gráfico correspondiente:

Tabla 39 Estimación demanda energética Pabellón 1 (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4002,69
Febrero	3.000	63.000	10	50	3.150.000	3660,99
Marzo	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4002,69
Abril	4.000	84.000	10	50	4.200.000	4881,32
Mayo	4.000	84.000	10	50	4.200.000	4881,32
Junio	1.200	25.200	10	50	1.260.000	1464,40
Julio	1.000	21.000	10	50	1.050.000	1220,33
Agosto	200	4.200	10	50	210.000	244,07
Septiembre	250	5.250	10	50	262.500	305,08
Octubre	2.800	58.800	10	50	2.940.000	3416,93
Noviembre	2.500	52.500	10	50	2.625.000	3050,83
Diciembre	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4002,69
Total, Anual	28790	604590			30229500	35133,33
Media diaria	78,88	1656,41			82820,55	96,26

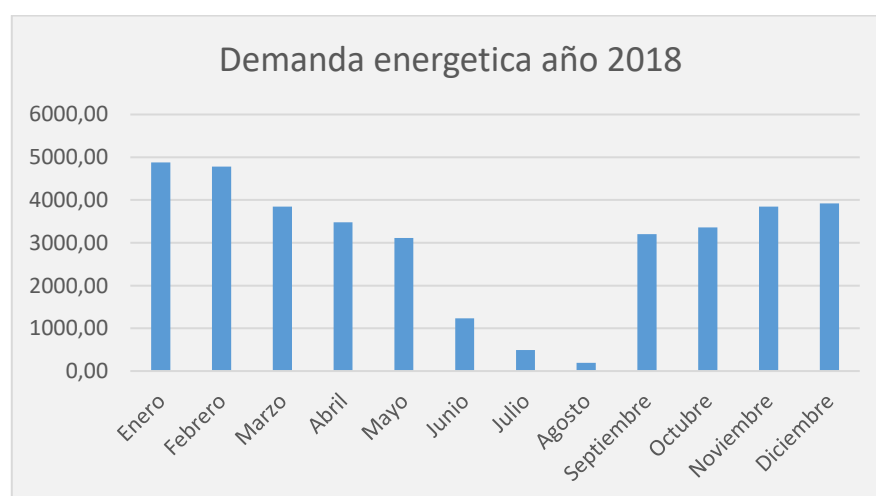


Gráfico 8 Estimación demanda energética Pabellón 1 (kWh)



9.5.8 Consumo de gas Pabellón 1

A continuación, un resumen del consumo de gas del edificio en el año 2019:

Tabla 40 Consumos de gas Pabellón 1 (kWh)

	PERIODO	CONSUMO (kWh)	DIAS	IMPORTE (SIN IVA)	CONSUM (m3)	TOTAL (€)
DIC-ENE	01/12/2018 a 29/01/2019	10641	60	522,25	920	631,92
FEB-MAR	30/01/2019 a 28/03/2019	9557	57	487,22	826	589,54
ABR-MAY	29/03/2019 a 30/05/2019	11228	62	548,53	978	663,72
JUN-JUL	31/05/2019 a 01/08/2019	287	62	32,58	25	39,42
AGO-SEPT	02/08/2019 a 03/10/2019	0	62	18,74	0	22,68
OCT-NOV	04/10/2019 a 04/12/2019	3465	62	206,71	303	250,12
TOTAL		35178	365	1816,03	3052	2197,4

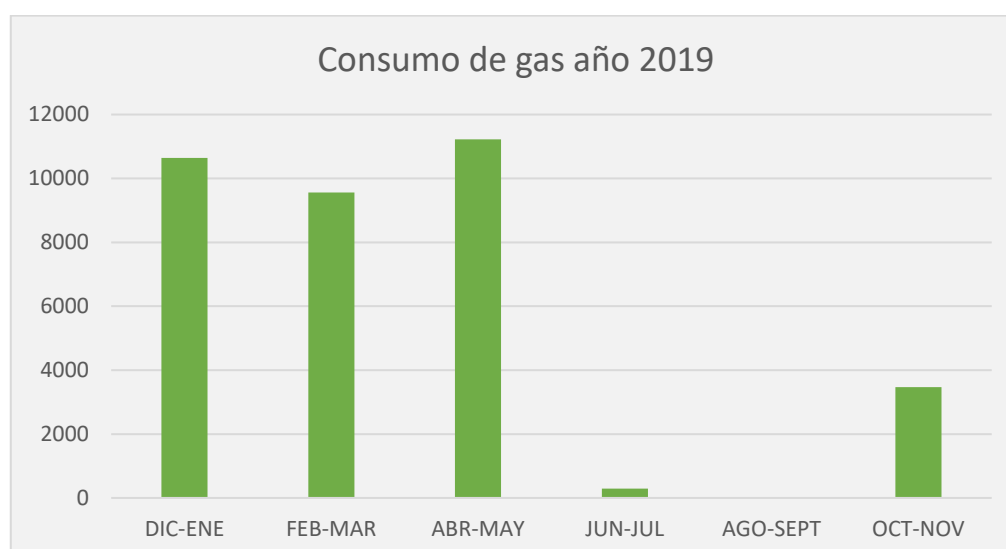


Gráfico 9 Consumo de gas Pabellón 1 (kWh)

9.5.9 Demanda energética Vestuarios Fútbol sala

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética, acompañado del correspondiente gráfico:



Tabla 41 Estimación demanda energética Vestuarios Pabellón 3 (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	7.088	148848	10	50	7442400	8649,71
Febrero	6.400	134400	10	50	6720000	7810,12
Marzo	7.088	148848	10	50	7442400	8649,71
Abril	6.848	143808	10	50	7190400	8356,83
Mayo	7.088	148848	10	50	7442400	8649,71
Junio	4.200	88200	10	50	4410000	5125,39
Julio	2.215	46515	10	50	2325750	2703,03
Agosto	2.215	46515	10	50	2325750	2703,03
Septiembre	4.200	88200	10	50	4410000	5125,39
Octubre	7.088	148848	10	50	7442400	8649,71
Noviembre	6.848	143808	10	50	7190400	8356,83
Diciembre	6.848	143808	10	50	7190400	8356,83
Total, Anual	68126	1430646			71532300	83136,27
Media diaria	186,65	3919,58			195978,90	227,77

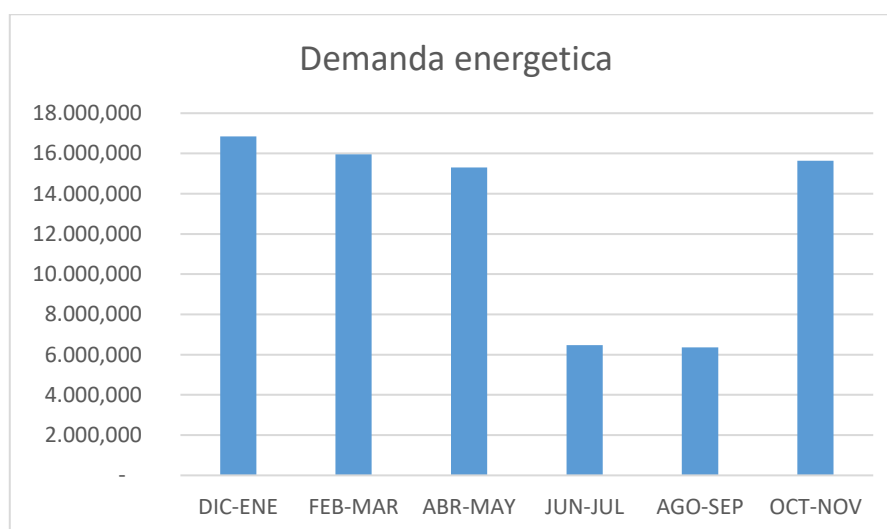


Gráfico 10 estimación demanda energética Pabellón 3 (kWh)

9.5.10 Demanda energética Pabellón de Escalada

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del edificio, acompañado del correspondiente gráfico:



Tabla 42 Estimación demanda energética Pabellón de escalada (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	2.215	46.515	10	50	2.325.750	2703,03
Febrero	2.000	42.000	11	49	2.058.000	2391,85
Marzo	2.215	46.515	12	48	2.232.720	2594,91
Abril	2.140	44.940	14	46	2.067.240	2402,59
Mayo	2.215	46.515	16	44	2.046.660	2378,67
Junio	642	13.482	18	42	566.244	658,10
Julio	554	11.629	20	40	465.150	540,61
Agosto	222	4.652	20	40	186.060	216,24
Septiembre	321	6.741	19	41	276.381	321,22
Octubre	2.215	46.515	16	44	2.046.660	2378,67
Noviembre	2.140	44.940	12	48	2.157.120	2507,05
Diciembre	2.215	46.515	11	49	2.279.235	2648,97
Total, Anual	19093,25	400958,25			18707220	21741,91
Media diaria	52,31	1098,52			51252,66	59,57

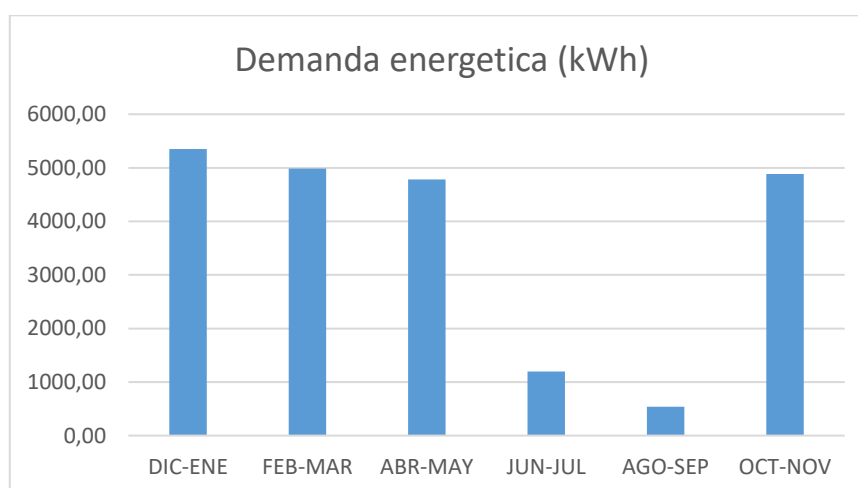


Gráfico 11 demanda energética Pabellón de escalada (kWh)

9.5.11 Demanda energética Pabellón de atletismo

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética, acompañado del correspondiente gráfico:



Tabla 43 Estimación demanda energética Pabellón de atletismo (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	7.088,00	148.848,00	10,00	50,00	7.442.400,00	8.649,71
Febrero	6.400,00	134.400,00	11,00	49,00	6.585.600,00	7.653,92
Marzo	7.088,00	148.848,00	12,00	48,00	7.144.704,00	8.303,72
Abril	6.848,00	143.808,00	14,00	46,00	6.615.168,00	7.688,28
Mayo	7.088,00	148.848,00	16,00	44,00	6.549.312,00	7.611,74
Junio	2.054,40	43.142,40	18,00	42,00	1.811.980,80	2.105,92
Julio	1.772,00	37.212,00	20,00	40,00	1.488.480,00	1.729,94
Agosto	708,80	14.884,80	20,00	40,00	595.392,00	691,98
Septiembre	1.027,20	21.571,20	19,00	41,00	884.419,20	1.027,89
Octubre	7.088,00	148.848,00	16,00	44,00	6.549.312,00	7.611,74
Noviembre	6.848,00	143.808,00	12,00	48,00	6.902.784,00	8.022,55
Diciembre	7.088,00	148.848,00	11,00	49,00	7.293.552,00	8.476,71
Total, Anual	61.098,40	1.283.066,40			59.863.104,00	69.574,10
Media diaria	167,39	3.515,25			164.008,50	190,61

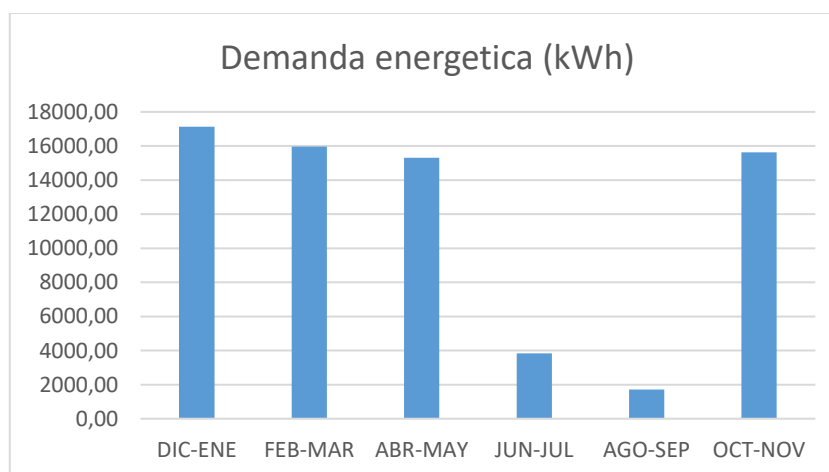


Gráfico 12 Estimación demanda energética Pabellón de atletismo (kWh)

9.5.12 Demanda energética pabellón PAV-2

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del edificio, acompañado del correspondiente gráfico:



Tabla 44 Estimación demanda de ACS nuevo pabellón PAV-2 (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	6.600,00	132.000,00	10,00	50,00	6.600.000,00	7.670,65
Febrero	6.160,00	123.200,00	11,00	49,00	6.036.800,00	7.016,09
Marzo	6.820,00	136.400,00	12,00	48,00	6.547.200,00	7.609,29
Abril	6.600,00	132.000,00	14,00	46,00	6.072.000,00	7.057,00
Mayo	6.820,00	136.400,00	16,00	44,00	6.001.600,00	6.975,18
Junio	3.300,00	66.000,00	18,00	42,00	2.772.000,00	3.221,67
Julio	3.410,00	68.200,00	20,00	40,00	2.728.000,00	3.170,54
Agosto	2.273,33	45.466,67	20,00	40,00	1.818.666,67	2.113,69
Septiembre	3.300,00	66.000,00	19,00	41,00	2.706.000,00	3.144,97
Octubre	6.820,00	136.400,00	16,00	44,00	6.001.600,00	6.975,18
Noviembre	6.600,00	132.000,00	12,00	48,00	6.336.000,00	7.363,83
Diciembre	6.820,00	136.400,00	11,00	49,00	6.683.600,00	7.767,81

Total, Anual	65.523,33	1.310.466,67			60.303.466,67	70.085,90
Media diaria	179,52	3.590,32			165.214,98	192,02

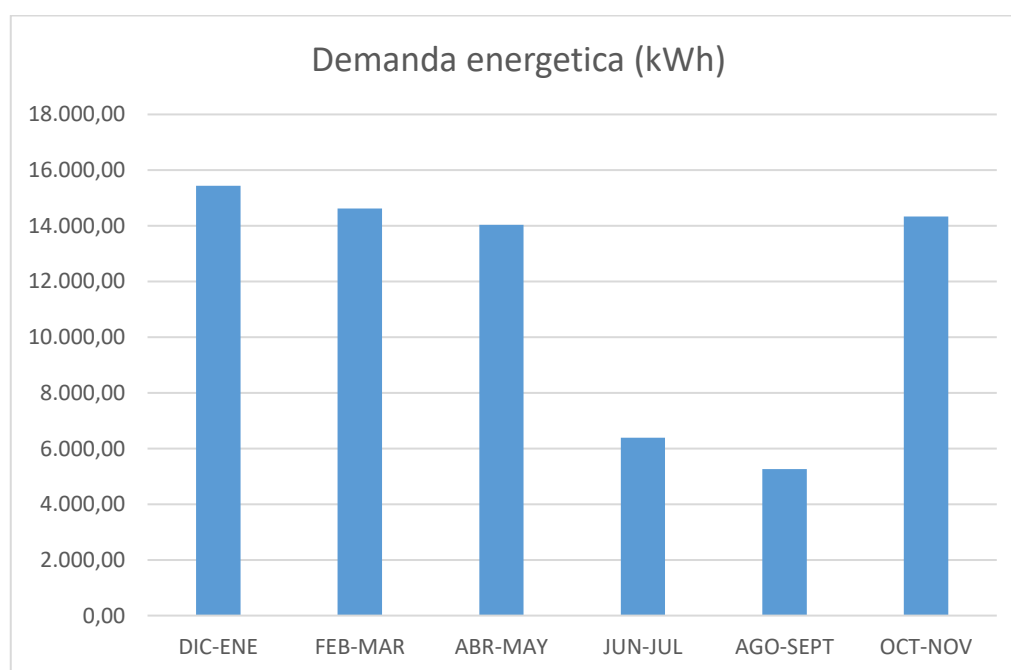


Gráfico 13 estimación demanda energética PAV-2 (kWh)

9.6 Resumen demanda energética total del sistema

El resumen de la estimación de la demanda energética total de los equipamientos se refleja en la siguiente tabla:



Tabla 45 Resumen Demanda energética total (kWh)

	Campo de futbol	Piscina	Residencia	Pav-2	Pabellón 1	Pabellón 3	Atletismo	Escalada	TOTAL (KWh)
ENE	11.879,00	59.931,00	5.795,00	7.670,65	5.147,00	8.649,71	8.649,71	4.865,46	112.587,52
FEB	3.617,00	75.873,00	6.768,50	7.016,09	4.778,50	7.653,92	7.653,92	4.305,33	117.666,25
MAR	7.014,00	75.213,00	6.768,50	7.609,29	4.778,50	8.303,72	8.303,72	4.670,84	122.661,56
ABR	7.014,00	63.740,00	5.528,00	7.057,00	5.614,00	7.688,28	7.688,28	4.324,66	108.654,22
MAY	3.753,00	41.527,00	5.528,00	6.975,18	5.614,00	7.611,74	7.611,74	4.281,60	82.902,27
JUN	9.381,00	22.926,00	1.620,00	3.221,67	138,00	4.305,33	2.105,92	658,10	44.356,02
JUL	2.422,00	13.670,00	1.677,00	3.170,54	149,00	2.162,43	1.729,94	540,61	25.521,51
AGO	904,00	7.787,00	6.856,00	2.113,69	0,00	2.162,43	691,98	216,24	20.731,34
SEPT	5.584,00	14.979,00	6.856,00	3.144,97	0,00	4.202,82	1.027,89	321,22	36.115,89
OCT	5.584,00	21.302,00	7.986,50	6.975,18	1.732,50	7.611,74	7.611,74	4.281,60	63.085,27
NOV	6.303,50	49.591,00	7.986,50	7.363,83	1.732,50	8.022,55	8.022,55	4.512,69	93.535,12
DIC	6.303,50	75.996,00	6.187,00	7.767,81	5.494,00	8.189,69	8.476,71	4.768,15	123.182,87
TOTAL (KWh)	69.759,00	522.535,00	69.557,00	70.085,90	35.178,00	76.564,35	69.574,10	37.746,50	950.999,84

En la siguiente gráfica, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del sistema DH:

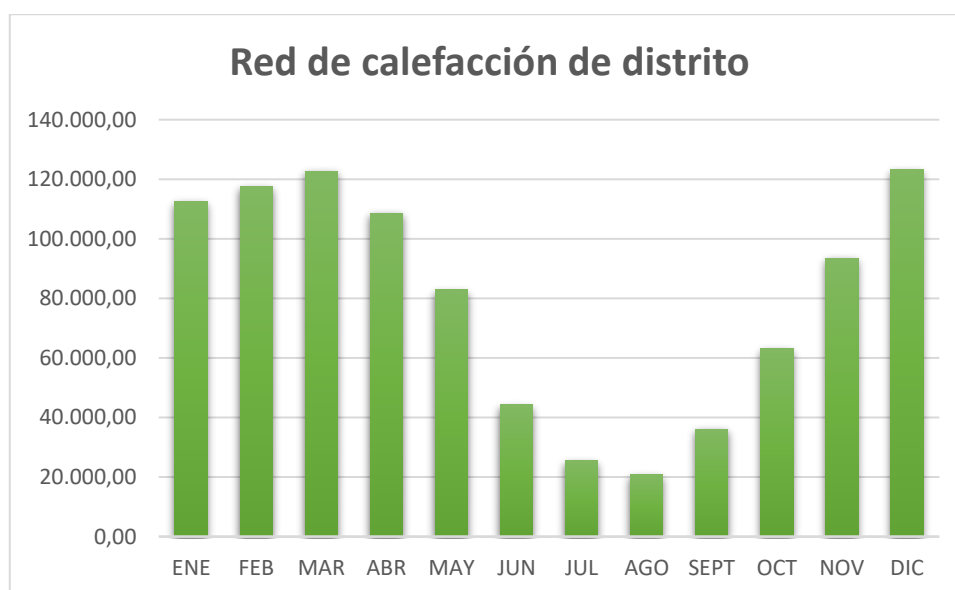


Gráfico 14 Demanda energética total del sistema (kWh)

9.7 Resumen consumo de gas anual total del sistema

En la siguiente tabla, se reflejan los datos de consumo de gas anual de los equipamientos, tomados de las facturas de la compañía de distribuidora de gas:



Tabla 46 Consumo total de gas en el sistema (kWh)

	Campo de futbol	Piscina	Residencia	Pav-2	Pabellón 1	Total (KWh)
DIC-ENE	15.496,00	135.804,00	11.982,00	15.438,47	10.641,00	189.361,47
FEB-MAR	14.028,00	138.953,00	13.537,00	14.625,38	9.557,00	190.700,38
ABR-MAY	13.134,00	64.453,00	11.506,00	14.032,18	11.228,00	114.353,18
JUN-JUL	3.326,00	21.457,00	3.297,00	6.392,21	287,00	34.759,21
AGO-SEPT	11.168,00	36.281,00	13.173,00	5.258,66	0,00	65.880,66
OCT-NOV	12.607,00	125.557,00	15.973,00	14.339,01	3.465,00	171.941,01
TOTAL (KWh)	69.759,00	522.505,00	69.468,00	70.085,90	35.178,00	766.995,90

En el siguiente gráfico, se detalla el consumo total de gas del sistema en el año 2019:

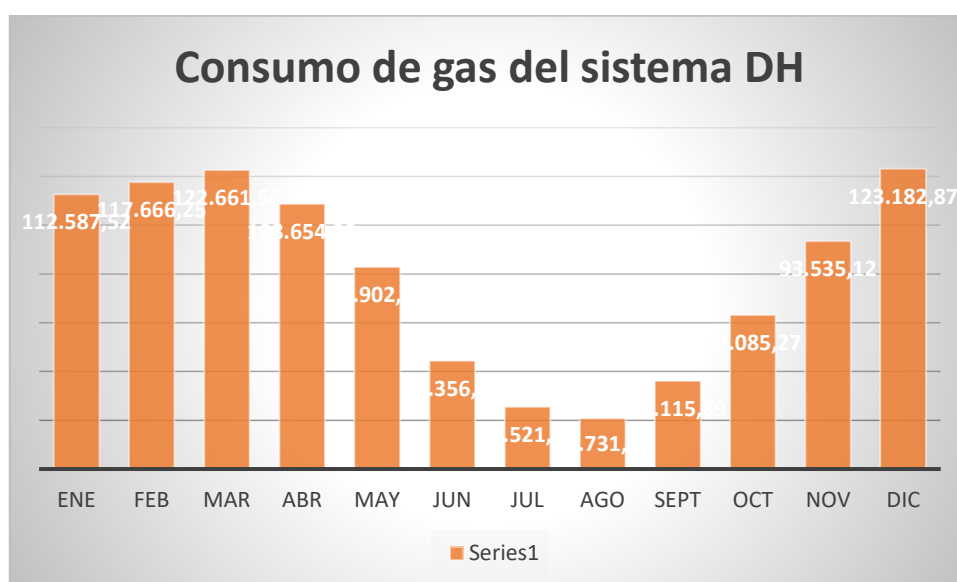


Gráfico 15 Consumo anual de gas total en el sistema (kWh)

10. Solución adoptada

10.1 Esquema de principio

En cuanto a la tipología de la red, la solución elegida es la siguiente:

- Red de trazado tipo árbol.
- La distribución mediante circuito de dos tubos (tuberías de impulsión y de retorno).
- El sector para abastecer es del tipo terciario.
- El tipo de demanda es del tipo abierta.

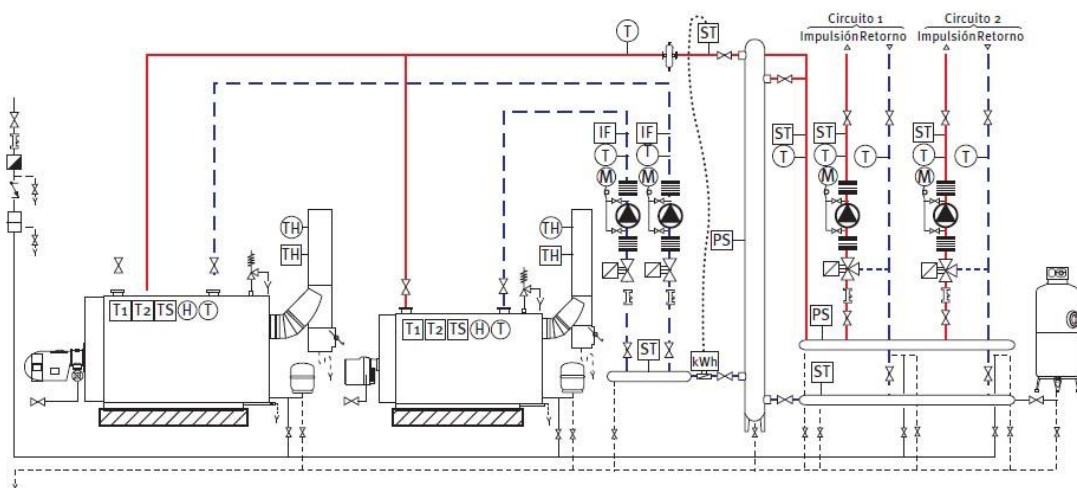


Ilustración 32 Esquema de principio Fuente IDAE

Se ha elegido dimensionar una instalación centralizada, empleando de manera funcional un grupo de calderas de biomasa, del tipo poli combustible de última generación, utilizando como fuente energética biomasa solida del tipo pellets o astillas.

10.2 Combustible seleccionado

El combustible sólido seleccionado para la alimentación del sistema es el siguiente:

Astilla M40 (Contenido de agua máximo 40 %), según norma:

- EN ISO 17225-4, clase A1, A2, B1, tamaño de partículas P16S [29].
- EN plus ÖNORM M 7133: G30-G50 [30].

Pellets, según norma:

- EN ISO 17225-2, clase A1, A2 [29].
- EN plus ÖNORM M 7135: DIN plus o Swiss pellet [31].

10.3 Emplazamiento de la central de producción de energía

El ayuntamiento pretende aprovechar un terreno disponible, ubicado en la misma parcela donde se encuentra el campo de futbol, para la construcción de la sala central de calderas.

El terreno está ubicado entre el campo de futbol y el club de bolos, en la C/ Doménech 27-31, y más concretamente en la parcela con referencia catastral 579370701BF905D0001OB.

La central térmica ocupara una superficie aproximada de 144 m², se hace referencia al documento PLANOS, Plano N.º 1, donde se especifica de manera detallada las dimensiones de la central de calderas y su distribución.



En la siguiente imagen, se describe la ubicación de central de producción y el trazado de las tuberías hasta los edificios:



Ilustración 33 Emplazamiento de la central de producción térmica (Fuente: Google Maps)

La sala de calderas y el silo deberán contar con las condiciones adecuadas de aislamiento, para prevenir la humedad, disponer de instalación de protección contra incendios, red eléctrica de baja tensión y red de abastecimiento y saneamiento de pluviales.

La sala de máquinas deberá cumplir con los requisitos de espacio establecidos en la I.T 1.3.4.1.2.6 del RITE [4], para potencias mayores de 70 kW.

El emplazamiento deberá disponer asimismo de:

- Instalación de BT
- Instalación de protección contra incendios
- Abastecimiento y saneamiento de pluviales



10.4 Sala de calderas

La sala de calderas contendrá los equipos generadores de energía, equipos auxiliares de filtrado, depuración, control y regulación para el debido funcionamiento de la instalación. Algunos de los elementos propios del sistema se enumeran a continuación:

Tabla 47 Elementos de la sala de calderas

ELEMENTOS SALA DE CALDERAS	
Grupo de Calderas	Contador de energía térmica
Chimenea de evacuación	Separador de microburbujas
Sistema elevación retorno	Separador de lodos
Válvula reguladora	Colector de ida calefacción
Bomba primario	Colector de retorno calefacción
Vaso de expansión	Variador de velocidad bomba doble
Válvula de seguridad caldera	Sonda de presión diferencial
Intercambiador de placas	Contador de agua
Bomba de circulación	Des conector hidráulico
Depósito de inercia	Descalcificador de agua

10.5 Caldera de biomasa

Las calderas son dispositivos donde tiene lugar el intercambio de energía calórica transmitida por el combustible de biomasa, hacia el fluido calefactor.

Para el cálculo de los dispositivos de generación se hace referencia al Anejo III: Cálculo de los elementos de la instalación.

Para determinar la potencia de la caldera de la central de producción utilizamos la siguiente expresión:

$$P = Q + \% \text{ Pérdidas Tuberías} + \text{Pérdidas Inercia} \left(\frac{\text{Kcal}}{h} \right)$$

Teniendo en cuenta que, para las pérdidas de calor en tuberías, se estima un 5 % de la potencia útil de la instalación y se mayor otro 5 %, teniendo en cuenta la inercia del sistema.

Desarrollando el cálculo tenemos:

$$Q = 1.109 \text{ kW} \times \frac{860 \text{ Kcal/h}}{1 \text{ kW}}$$

$$Q = 953.740 \text{ Kcal/h}$$



$$P\acute{e}rdidas\ Inercia = 1.109\ kW \times \frac{860\ Kcal/h}{1\ kW} \times \frac{5}{100}$$

$$P\acute{e}rdidas\ Inercia = 4.7687\ Kcal/h$$

$$P\acute{e}rdidas\ Tuber\acute{i}as = 4.7687\ Kcal/h$$

$$P = 953.740\ \frac{Kcal}{h} + 4.7687\ Kcal/h + 4.7687\ Kcal/h$$

$$P = 1.049.114\ Kcal/h = 1.219,90\ kW$$

Asignando un coeficiente de simultaneidad del 60 % tenemos finalmente:

$$P = 0,60 \times 1.219,90\ kW$$

$$P = 731,94\ kW$$

10.6 Selección de las calderas

Consecuentemente, los dispositivos de generación a instalar serán dos calderas de 399 kW cada una, siendo la potencia total instalada de 798 kW.

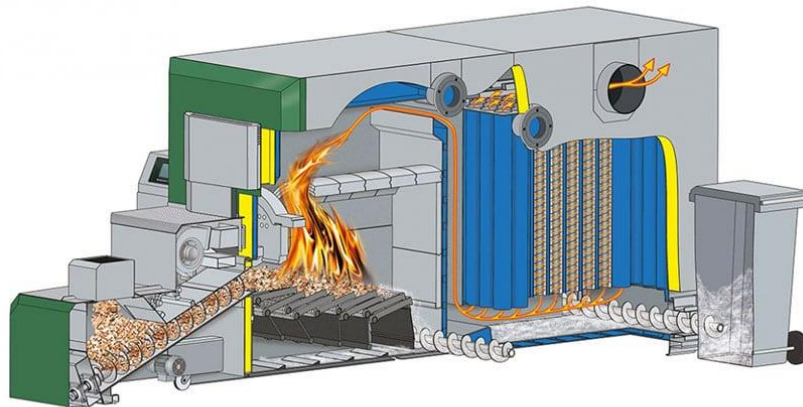


Ilustración 34 Caldera Hertz Firematic 399 (Fuente Catalogo Herz)

Se plantea la colocación de dos calderas de biomasa de la marca HERZ FIREMATIC 399, se describe este equipo detalladamente, en el ANEJO III-Elementos de la instalación.



10.7 Silo de almacenamiento de biomasa

El silo dispondrá de sistemas automáticos de movimiento y transporte de biomasa, desde los camiones de suministro hasta los respectivos sistemas de alimentación de la sala de calderas.

El tipo de silo seleccionado es del tipo almacenamiento en superficie, de obra nueva, al mismo nivel de la sala de calderas y sistema de alimentación con rotativo y dos sinfines.

Para la alimentación de las calderas, se prevé un silo de obra, del tamaño suficiente para alcanzar el combustible necesario para 1 y 1,5 temporadas, de tal manera se asegura el suministro a medio y largo plazo, con una calidad de biomasa alta y a precio razonable.

El silo se dimensiona en un área 90 m², almacenamiento de obra nueva, en superficie a nivel de la sala de calderas y en una habitación exclusiva y distinta de la sala de calderas.

Los requisitos mínimos para adaptar este espacio como silo de almacenamiento, con sistema de extracción mediante tornillo sinfín son los siguientes:

- Los muros deberán tener la capacidad para soportar la presión ejercida por el pellet o astilla.
- El recubrimiento de la paredes debe aguantar el roce con los pellets en el llenado y no mezclar sus restos con los pellets.
- En las puertas del depósito se colocarán tablas machimbradas de 30 mm de grosor.
- En el depósito no debe haber cables eléctricos ni tubos de agua.
- El silo cumplirá con lo dispuesto en la IT 1.3.4.1.4 del RITE [4], sobre requisitos del almacenamiento de biomasa.

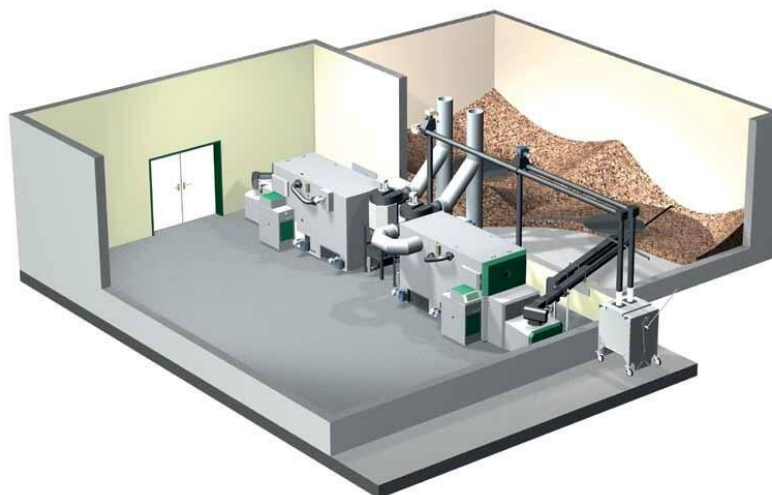


Ilustración 35 Silo de almacenamiento (Fuente: Catalogo HERZ)



10.7.1 Dimensionado del silo

Para el cálculo de las dimensiones del silo, es necesario partir de la potencia instalada en producción y teniendo en cuenta lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios [4], en su instrucción técnica IT 1.3.4.1.4, que dispone que en los edificios nuevos la capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir la demanda de consumo de 2 semanas.

Para el dimensionado del silo de alimentación deberá ser factible la descarga de materia prima por camión volquete, lo que facilitaría la utilización de astilla u otro tipo de biomasa.

Se debe prever un método de vaciado del silo, por cuestiones de mantenimiento o bien por riesgo de incendio.

El computo de la cuantía de combustible sólido necesaria por meses, se ejecuta en base a la demanda total de ACS y Calefacción y asumiendo un rendimiento de las calderas del 93 %, el uso de Astilla como combustible, con una capacidad calorífica de 3,44 kWh/kg y densidad de 250 kg/m³. Para el diseño del silo de almacenamiento deberemos seguir la siguiente formulación:

$$V_{CD} = \frac{C_d}{\rho} \text{ (m}^3/\text{dia)}$$

$$V_{ca} = V_{cd} \times \text{Autonomía (días)}$$

El combustible ocupa aproximadamente 2/3 del silo debido a los huecos, teniendo entonces:

$$V_s = \frac{V_{ca}}{2/3} \text{ m}^3$$

$$A = V_s \text{ m}^2$$

Donde:

$$V_{CD} = \text{Volumen del combustible diario} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)$$

$$C_D = \text{Consumo diario de combustible} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \right)$$

$$\rho = \text{Densidad aparente del combustible} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$



$$V_{ca} = \text{Volumen del combustible anual} \left(\frac{m^3}{\text{año}} \right)$$

$$V_s = \text{Volumen del silo} (m^3)$$

$$A = \text{área del silo} (m^2)$$

Para calcular el volumen óptimo del silo, se ha de tener en cuenta el consumo de energía del mes más desfavorable, es decir el mes de Diciembre con un total de 123.182,87 kWh.

Se considera importante para el diseño del silo, tener en cuenta un volumen de almacenamiento tal que solamente sea necesario, cargar el silo como máximo dos veces al mes.

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} = \frac{\text{Consumo mensual}}{\text{Numero dias mes}} [kWh/dia]$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} = \frac{123.182,87}{31} = 3.973,641 [kWh/dia]$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} [kg] = \frac{\text{Consumo diario} [kWh/dia]}{\text{poder calorifico} [kWh/kg]}$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} [kg] = \frac{3.973,641}{3,44} = 1.155,128 \left[\frac{kg}{dia} \right]$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} [m^3] = \frac{\text{Consumo diario kg/dia}}{\text{densidad kg/m}^3} [m^3/dia]$$

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} [m^3] = \frac{1.155,128}{250} = 4,621 [m^3/dia]$$

Tabla 48 Consumo de Astilla total anual de la instalación en toneladas

	Campo de futbol	Piscina	Residencia	Pav-2	Pabellón 1	Pabellón 3	Atletismo	Escalada	TOTAL (KWh)	Total (T)
ENE	11.879,00	59.931,00	5.795,00	7.670,65	5.147,00	8.649,71	8.649,71	4.865,46	112.587,52	32,73
FEB	3.617,00	75.873,00	6.768,50	7.016,09	4.778,50	7.653,92	7.653,92	4.305,33	117.666,25	34,21
MAR	7.014,00	75.213,00	6.768,50	7.609,29	4.778,50	8.303,72	8.303,72	4.670,84	122.661,56	35,66
ABR	7.014,00	63.740,00	5.528,00	7.057,00	5.614,00	7.688,28	7.688,28	4.324,66	108.654,22	31,59
MAY	3.753,00	41.527,00	5.528,00	6.975,18	5.614,00	7.611,74	7.611,74	4.281,60	82.902,27	24,10
JUN	9.381,00	22.926,00	1.620,00	3.221,67	138,00	4.305,33	2.105,92	658,10	44.356,02	12,89
JUL	2.422,00	13.670,00	1.677,00	3.170,54	149,00	2.162,43	1.729,94	540,61	25.521,51	7,42
AGO	904,00	7.787,00	6.856,00	2.113,69	0,00	2.162,43	691,98	216,24	20.731,34	6,03
SEPT	5.584,00	14.979,00	6.856,00	3.144,97	0,00	4.202,82	1.027,89	321,22	36.115,89	10,50
OCT	5.584,00	21.302,00	7.986,50	6.975,18	1.732,50	7.611,74	7.611,74	4.281,60	63.085,27	18,34
NOV	6.303,50	49.591,00	7.986,50	7.363,83	1.732,50	8.022,55	8.022,55	4.512,69	93.535,12	27,19
DIC	6.303,50	75.996,00	6.187,00	7.767,81	5.494,00	8.189,69	8.476,71	4.768,15	123.182,87	35,81
TOTAL (KWh)	69.759,00	522.535,00	69.557,00	70.085,90	35.178,00	76.564,35	69.574,10	37.746,50	950.999,84	
TOTAL (T)	20,28	151,90	20,22	20,37	10,23	22,26	20,23	10,97	276,45	



En resumen:

- El mes de Diciembre presenta el consumo más alto de astilla, 35,81 Toneladas.
- Es conveniente aplicar un coeficiente de reserva del 25 %: 8,952 Toneladas.

La capacidad de carga mínima será de 44,762 Toneladas.

Para el cálculo del volumen de almacenamiento mínimo, se tiene en cuenta la densidad de la astilla 250 kg/m³ al 30 % de humedad en base humedad:

$$Vol_{alm-min} = \frac{44,762 T \times 1000 kg}{250 \frac{kg}{m^3}} = 179,048 m^3$$

El volumen de almacenamiento mínimo para 15 días de autonomía será de 89,524 m³, siendo las características del silo:

- Superficie: 90 m²
- Alto: 5 m.
- Volumen del silo: 450 m³.
- Altura máxima de almacenamiento: 3,5 m.
- Volumen máximo de almacenamiento 315 m³.

Teniendo en cuenta las pérdidas de calor en la red, de aproximadamente de 216.140,00 kWh/año.

Véase ANEJO V – Cálculos hidráulicos del presente documento, se estima un consumo total:

$$C_{total} = \frac{950.999,840 \frac{kWh}{año} + 216.140,00 \frac{kWh}{año}}{3,44 \frac{kWh}{kg} astilla} = 339.284,837 \frac{kg. astilla}{año}$$

$$C_{total} = 339,285 \frac{T. astilla}{año}$$

10.8 Esquema de alimentación Silo - Calderas

Una vez dimensionado el depósito de biomasa, se debe diseñar el sistema de alimentación de las calderas. La alimentación de las calderas desde el silo se hará mediante un tornillo sinfín de conducciones rígidas, cuya principal ventaja es la robustez del sistema y su capacidad de transporte elevada.

El sistema de alimentación con sinfín es modular, cuya ventaja principal es que se puede combinar con otros elementos según la situación y dimensiones de las calderas.



A continuación, se enumeran las partes más importantes del esquema de alimentación:

1. Caldera
2. Motor de alimentación
3. Tornillo sinfín
4. Sistema de movimiento del combustible
5. Contenedor o local especial (silo).

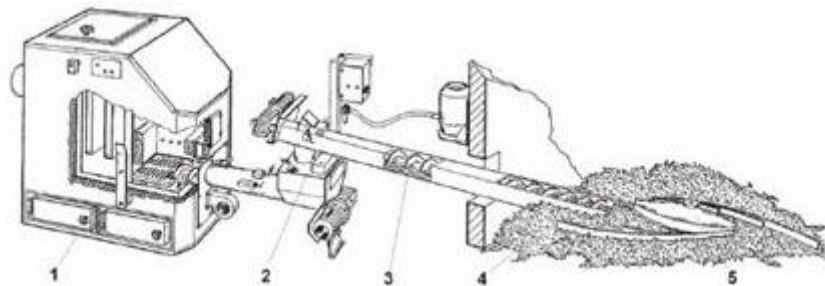


Ilustración 36 Alimentación del sistema (Fuente: Herz)

El suministro de biomasa se deberá hacer con camión cisterna, teniendo en cuenta en el diseño del silo, que la distancia máxima del sistema neumático de carga de los camiones es de 40 metros.

El sistema de distribución de la biomasa consta de dos tornillos sinfín, uno horizontal que recoge el combustible transportado por el tornillo sinfín secundario y otro que lo lleva directamente a la caldera. El tornillo sinfín ira apoyado con un sistema agitador rotativo, para facilitar la entrada de astillas en el tornillo.



Ilustración 37 Modelo del silo de almacenamiento

Las dimensiones del tornillo están condicionadas a la granulometría de la astilla (G30 o G50), así para astillas G50, el tornillo sinfín deberá ser capaz de transportar astilla de una sección máxima



de 5 cm² y longitud máxima de 12 cm, lo que nos da como resultado usar tornillos sinfín de una dimensión aproximada de 250 mm.

A continuación, el esquema definitivo de alimentación silo-caldera, Véase Documento PLANOS: Plano N.º 1 sala de calderas.

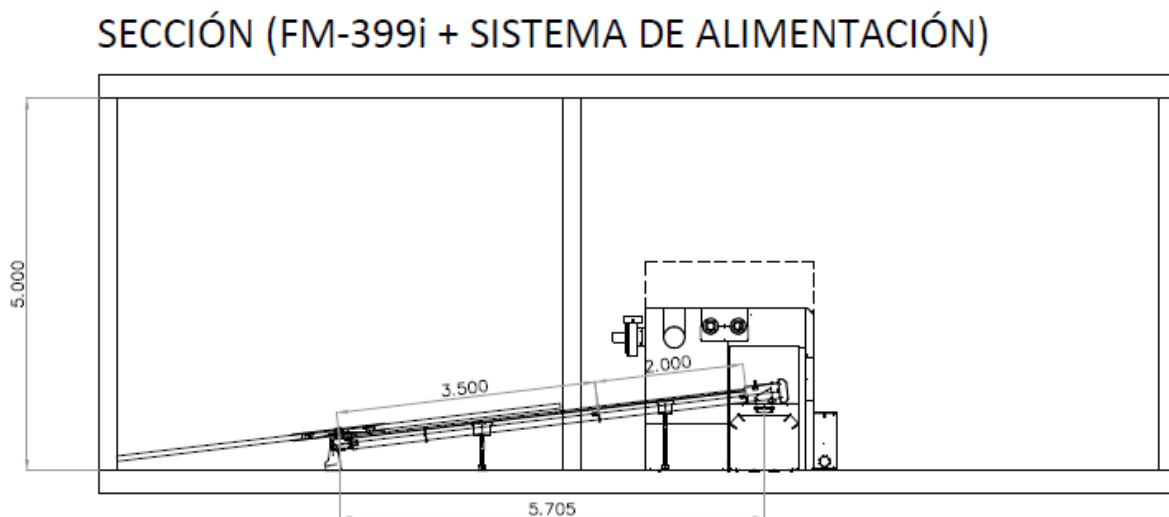


Ilustración 38 Sistema de alimentación (Fuente: El autor)

Los sistemas de regulación de las calderas serán los encargados de ajustar los sinfines de alimentación, dependiendo de las necesidades de combustible en todo momento.

Los sinfines deberán de abastecer las calderas de forma continua, permanecer cerrados en su recorrido y disponer de accesos desde el exterior para efectuar labores de mantenimiento.

10.9 Sistema de evacuación de humos

En la siguiente sección se definen los componentes del sistema de evacuación de humos empleado, los cálculos para el dimensionado de la chimenea de la red se presentan en el ANEJO IV: Cálculo de chimenea del presente documento.

Los elementos mínimos que componen los sistemas de evacuación de los PdC, son los definidos por la norma UNE 1443/03 [32].

La chimenea y los elementos de conexión, deberá estar constituida por un conducto de humos y una envolvente o estructura aislante resistente.

Se empleará para cada una de las calderas, una chimenea de acero inoxidable 316L/304 (interior exterior), de doble pared con aislamiento intermedio, de diámetro interior 350 mm y diámetro



exterior 410 mm de la marca DINAK o JEREMIAS o similar, en cualquier caso, homologada y con marcado CE.

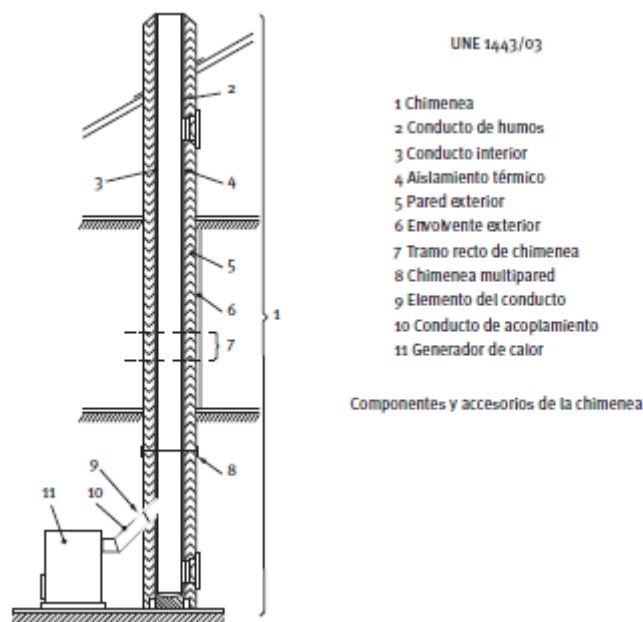


Ilustración 39 Componentes y accesorios de una chimenea (Fuente IDAE)

Para el dimensionado de la sección de las chimeneas se han seguido las recomendaciones del fabricante, en función de la potencia de la caldera y del recorrido de la chimenea.

Es válido el dimensionamiento de las chimeneas de acuerdo a lo previsto en las normas UNE-EN 13384-1 y UNE-EN 13384-2 [33], según sea el caso. Para el cálculo de la sección de las chimeneas se ha utilizado el software de CONVESA.

A continuación, el resumen del cálculo de la chimenea:

Tabla 49 Cálculo de la chimenea (Fuente: El autor)

RESUMEN INFORME CÁLCULO DE LA CHIMENEA			
DATOS DEL ENTORNO Y DEL GENERADOR			
Altitud	msnm	8	
Tª Amb. Máxima	ºC	15	
Tª Amb. Mínima	ºC	10	
Montaje		Interior	
Combustible		Madera	
Tipo de generador		Caldera presurizada	
Condensación		NO	
Modelo		Firematic 399	
		Nominal	Mínima
Potencia	kW	399	103,9
Rendimiento	%	93,4	93,8
Tª de humos	ºC	140	90
Tiro mínimo	Pa	5	5



Caudal	kg/s	0,226	0,071
CO2	%	11,2	10,03

DATOS DEL CONDUCTO			
TRAMO HORIZONTAL (COND. UNION)			
	Longitud total	m	1
	Altura total	m	
TRAMO VERTICAL			
	Altura total	m	5,3
	Longitud total	m	5,3
	Conexión		Te de 90º :1
	Tipo de salida		Salida libre
DIMENSIONADO			
TRAMO HORIZONTAL			
Gama		DP	
Diámetro interior	mm	350	
Diámetro exterior	mm	410	
Designación EN 1856-1		T600 N1 D V2 GXX	
TRAMO VERTICAL			
Gama		DP	
Diámetro interior	mm	350	
Diámetro exterior	mm	410	
Designación EN 1856-1		T600 N1 D V2 GXX	

10.10 Instalación Hidráulica Sala de Calderas

Para la composición del siguiente apartado, se hace referencia al documento PLANOS: plano N.º3. Los equipos generadores dispondrán de un circuito primario, para transportar la energía producida hasta el colector del primario, de tal manera que se una la energía de ambas calderas.

El circuito primario de cada caldera estará constituido por sistema de bombas, sistema de elevación de la temperatura de retorno, así como filtros, válvulas, manguitos etc.

El sistema de elevación de temperatura de retorno deberá asegurar que el agua que pasa a través del intercambiador piro tubular de la caldera, este siempre a temperatura por encima de los 60 °C.

La válvula motorizada de tres vías será la encargada de mantener el agua de retorno en la temperatura anteriormente mencionada, en determinados momentos del funcionamiento de la caldera.

Una vez aseguradas las correctas temperaturas de impulsión y retorno, toda la energía transportada por la bomba alcanzará el colector primario, el cual estará unido al depósito de acumulación.



El conexionado de los circuitos primarios de las dos calderas, depósito de acumulación y colectores de impulsión y retorno, se hará mediante tuberías de acero negro soldado tipo DIN-2440, para soldar, debidamente aisladas con espesor de acuerdo con el R.I.T.E.

A continuación, el resumen del diámetro de las tuberías a usar en la sala de calderas:

Tabla 50 Diámetro tuberías circuito primario (mm)

TRAMO	LONGITUD (m)	DN	D (mm)	e (mm)	D int (mm)	D int (m)	Q (m3/h)
1	10,00	65	76,10	2,9	70,3	0,0703	17,157
2	10,00	65	76,10	2,9	70,3	0,0703	17,157
3	10,00	100	114,30	3,6	107,1	0,1071	34,314
4	10,00	100	114,30	3,6	107,1	0,1071	34,314
5	10,00	100	114,30	3,6	107,1	0,1071	34,314

10.11 Temperatura de Trabajo

Con respecto al fluido calor portador, para la producción de calor, se prevé una producción de agua caliente a 95 °C, temperatura de retorno menor de 75 °C y no se contempla la producción de agua sobrecalentada.

Las temperaturas sobre las cuales se dimensionan los equipos de la central de generación y las redes de distribución son las siguientes:

- Entrada primaria de subestaciones 90 a 95 °C
- Salida primaria de subestaciones 60 a 75 °C

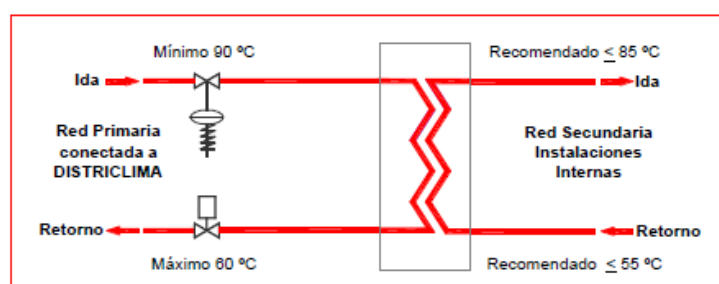


Ilustración 40 Esquema de subestación (Fuente IDAE)

Se especifican las temperaturas de funcionamiento del secundario:

- Instalación de ACS 70 a 85 °C
- Instalación con radiadores 70 a 85 °C



10.12 Depósito de Acumulación

Las calderas de biomasa tienen una elevada inercia, por ello es recomendable usar un depósito acumulador de inercia, el cual funcionara como reserva principal de calor y ayudara en la gestión de la demanda de energía térmica corrigiendo la curva de generación y demanda.

El depósito de acumulación tendrá dos funciones principales, acumulación de inercia térmica, dando respuesta a las demandas de energía de forma rápida o ceder inercia en el caso contrario cuando las calderas reciben la orden de apagarse.

En los sistemas de generación para redes centrales de distrito se suelen instalar depósitos de acumulación dado que:

- Es factible acumular energía de diferentes fuentes de generación de energía térmica naturales.
- Reduce los picos de demanda en las horas punta en el caso de climatización.
- Facilitar la operación de las calderas a plena carga, optimizando el rendimiento.

En esta instalación se utilizarán acumuladores sensibles, los cuales acumulan energía de tal manera que varía la temperatura del medio contenido. Este tipo de acumuladores pueden llegar a almacenar de forma sensible energía desde 4 °C hasta 98 °C, incluso si el agua es presurizada se puede llegar hasta 130 °C.

Los depósitos de agua tienen una capacidad energética de 1,2 kWh/m³/K, lo cual lleva a rendimientos de hasta el 85% y capacidad de acumulación de 35 kWh/m³.

Para dimensionar, el depósito de inercia, se suele estimar un valor entre 15 y 30 litros por kW de potencia nominal de los generadores, para garantizar un ciclo de funcionamiento mínimo.

La guía técnica de la Biomasa, que es un documento técnico reconocido, para la aplicación del RITE, recomienda un volumen entre 20 y 30 litros por kW de potencia térmica nominal del generador. [4]

El fabricante de las calderas seleccionadas para este proyecto aconseja un volumen mínimo recomendado de 5000 litros, para el depósito de inercia de una caldera de 399 kW de potencia.

En la sala de calderas, se colocará un depósito de 16.000 litros, de acero al carbono ST- 37-2, con una presión de trabajo de 6 bar, terminación de chapa de aluminio y debidamente aislado térmicamente con lana mineral o similar, garantizando el aislamiento térmico exigido por el R.I.T.E.[4]



Ilustración 41 Depósitos de inercia (Fuente Catalogo Mecalia energy systems)

Se hace referencia al ANEJO V- Cálculos hidráulicos, donde se detalla el dimensionado del depósito de inercia.

10.13 Vaso de Expansión

Los sistemas District Heating, al tratarse de circuitos cerrados, incorporan depósitos de expansión cerrados, en los cuales, al incrementar la temperatura del agua y la presión, el dispositivo cumple la función de equilibrar las presiones.

Los sistemas de expansión tienen como objetivo, absorber los cambios de volumen de agua en un circuito cerrado, al cambiar su temperatura, regulando la presión entre los límites preestablecidos, imposibilitando a la vez, pérdidas y reposiciones de la masa del fluido.

El diseño y cálculo de los sistemas de expansión, según la ITE 02.8.4 del RITE [4], se realizará de acuerdo con la norma UNE 100.155:2004 [34].

Se prevé para la protección del circuito primario, un vaso de expansión de 1000 litros de capacidad, modelo N 1000/6 de la marca SEDICAL o equivalente comprobado. Se hace referencia en el ANEJO V- Cálculos Hidráulicos, Capítulo 4.2.



N - 1000/6

Dibujo

Vaso de expansión seleccionado
N - 1000/6

Datos técnicos

Presión del vaso sin conectar al circuito : 0.40 bar

Capacidad de acumulación necesaria : 844.28 l

Volumen de agua en el vaso a temperatura mínima : 125.00 l

temperatura de llenado : 125.00 l

Expansión total de la instalación : 541.75 l

Presión máxima de trabajo : 6 bar

Dimensiones y peso

Anchura	(D)	:	740.00 mm
Altura	(H)	:	2410.00 mm
Diámetro de conexiones	(A)	:	R 1"
Medida h	(h)	:	245.00 mm
Medida k	(k)	:	540.00 mm
Peso		:	120.00 kg

Ilustración 42 Ficha técnica Vaso de expansión N 1000/6 (Fuente Sedical)

Se prevé para la protección de las calderas, un vaso de expansión de 80 litros de capacidad, para cada una de las calderas, modelo NG 80/6 de la marca SEDICAL o equivalente comprobado. Se hace referencia en el ANEJO IV- Cálculos Hidráulicos, Capítulo 4.2 Vasos de expansión.

NG - 80/6

Dibujo

Vaso de expansión seleccionado
NG - 80/6

Datos técnicos

Presión del vaso sin conectar al circuito : 0.40 bar

Capacidad de acumulación necesaria : 62.75 l

Volumen de agua en el vaso a temperatura mínima : 10.00 l

temperatura de llenado : 10.00 l

Expansión total de la instalación : 40.26 l

Presión máxima de trabajo : 6 bar

Dimensiones y peso

Anchura	(D)	:	480.00 mm
Altura	(H)	:	565.00 mm
Diámetro de conexiones	(A)	:	R 1"
Medida h	(h)	:	175.00 mm
Medida k	(k)	:	370.00 mm
Peso		:	9.90 kg

Ilustración 43 Ficha técnica vaso de expansión NG-80/6 (Fuente Sedical)



10.14 Bombas

Las bombas, hacen circular el agua desde los elementos de generación, hasta las subestaciones emisoras. Deberán ser capaces de suministrar, la caída de presión o pérdida de carga total en el punto más desfavorable de la red, añadiendo un margen de seguridad del 10%, para tener en cuenta, ensanchamientos, reducciones de tuberías y otros elementos que no se han contabilizado, en el apartado cálculo de pérdidas del sistema hidráulico.

Se dispondrá de dos grupos de bombeo en el circuito primario, que impulsará el agua desde las calderas hacia el volumen de inercia, y un grupo de bombeo para la distribución hacia los tres circuitos de impulsión, hacia las subestaciones de los edificios.

La selección de bombas se realiza a partir de los datos de caudal y pérdida de carga obtenidos en los circuitos, se hace referencia en el ANEJO V- Cálculos Hidráulicos, Capítulo 5.1 selección de bombas de circulación.

A continuación, un resumen del conjunto de bombas seleccionadas para el sistema:

Tabla 51 Bombas DH CTE Amposta (Fuente: El autor)

Bomba	Marca	Modelo
Primario caldera 399 kW	SEDICAL	SIP 50/120.2-1.1/K
Primario intercambiador	SEDICAL	SIM 80/190 .1-1.1/K
Circuito Campo de futbol (Bomba doble)	SEDICAL	SDP 40/145.1-1.1/K SVI
Circuito Pisc-Resid-Pav-2 (Bomba doble)	SEDICAL	SDP 65/185.2-4.0/K SVI
Circuito Pab1-VestFut-Esc-Aletis (Bomba doble)	SEDICAL	SDP 65/185.2-4.0/K SVI
Secundario Campo de futbol	SEDICAL	SIM 50/150.1-0.20/K SVI
Secundario Piscina	SEDICAL	SIM 65/190.1-0.37/K SVI
Secundario vestuarios Piscina	SEDICAL	SAM 30/145- 0.2/K
Secundario Residencia deportiva	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario PAV-2	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario Pabellón 1	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario Vestuarios Pistas futbol	SEDICAL	SAM 25/125 0.05/K
Secundario Escalada	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K
Secundario Atletismo	SEDICAL	SIM 65/190,1-0,2/K SVI

10.15 Colectores

Los colectores son pequeños depósitos de inercia, empleados en las instalaciones de ACS o climatización por agua, para separar los circuitos hidráulicos de los circuitos de distribución.



No existe normativa que exija sobre el proceso de cálculo de este elemento, no obstante, se realiza el dimensionamiento del colector en base a los apuntes del Caleffi, Separadores hidráulicos o botellas de desacoplamiento hidráulico.[35]

Para el diseño de un colector, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Se debe calcular el diámetro del colector, de forma que la velocidad en el interior, este en el rango de 0.5 y 0.1 m/s.
- Otra manera, es estimar el diámetro del colector, como 3 veces el diámetro de la tubería del primario.
- En el caso de dimensionar un colector horizontal, la separación de aire y decantación se realiza mediante válvulas especializadas y las distancias serán únicamente de 1 diámetro.
- Se ha de mantener una distancia de tres veces el diámetro del primario, entre conexiones del primario y secundario, con la finalidad de evitar interacciones entre circuitos y posibles turbulencias.

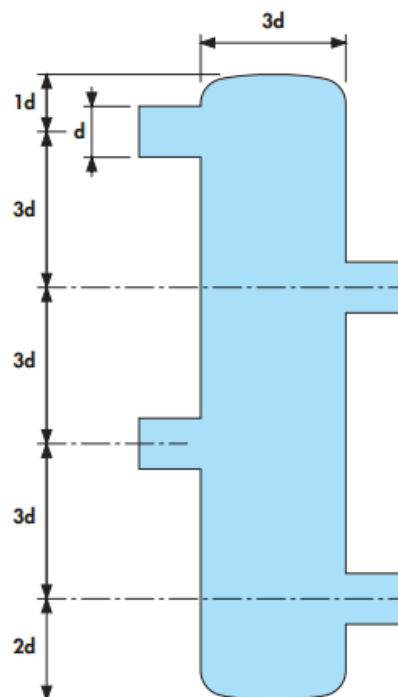


Ilustración 44 Dimensionado de un colector según el diámetro del primario (Fuente Caleffi)

Se hace referencia en el ANEJO V- Cálculos Hidráulicos, Capítulo 6 Diseño del Colector. El diámetro mínimo del colector deberá ser de 269,835 mm.

$$D_{colector} = 270 \text{ mm} = 10'' \frac{5}{8}$$



10.16 Red de Distribución1

10.16.1 Tuberías

La red de hidráulica del sistema emplea tuberías de acero LOGSTOR, pre aisladas, según EN 253 con tubería de servicio de dimensiones y tolerancias según ISO 4200, calidad según EN 10217-2.



Ilustración 60 Tuberías LOGSTOR Fuente Catalogo EFITERM

Este tipo de tuberías, están compuestas por una tubería de servicio de acero, una espuma rígida de poliuretano y por una robusta envolvente de PEAD. A

El caudal de la red se dimensiona, a partir de la potencia y el salto térmico de diseño, entre impulsión y retorno, para posteriormente seleccionar la sección de la tubería. Para el dimensionado de la red se han tomado los siguientes criterios:

Tabla 52 Criterios para cálculo de caudal y sección de tuberías

HIPÓTESIS DE CÁLCULO		
Temperatura de impulsión	°C	95,00
Temperatura de retorno	°C	75,00
Salto térmico de la red de calor	°C	20,00
Velocidad de diseño	m/s	1,50
Temperatura ambiente media (Invierno/Verano)	°C	10/24
Pérdida de carga máxima admisible	Pa/m	270,00
Horas de uso anuales	h	3168,00
Profundidad de zanja	cm	60,00

Se hace referencia al Anejo V- Cálculos hidráulicos, del presente documento. Las tuberías LOGSTOR seleccionadas, corresponden a la serie 1 con asilamiento estándar, con condiciones de trabajo en continuo de hasta 140 °C y PN 25.



TUBERÍAS - CARACTERÍSTICAS									
Dimensiones				Suministro (m)	Diámetro del envoltente			Peso en	Vol/m
Diámetro DN	Pulg.	d _e (mm)	e (mm)		D _s (mm)			kg/m	
					Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 1	
20	3/4"	26,9	2,6	6/12	90	110	125	2,9	0,4
25	1"	33,7	2,6	6/12	90	110	125	3,3	0,6
32	1 1/4"	42,4	2,6	6/12	110	125	140	4,2	1,1
40	1 1/2"	48,3	2,6	6/12	110	125	140	4,6	1,5
50	2"	60,3	2,9	6/12	125	140	160	6,1	2,3
65	2 1/2"	76,1	2,9	6/12	140	160	180	7,5	3,9
80	3"	88,9	3,2	6/12	160	180	200	9,4	5,3
100	4"	114,3	3,6	6/12	200	225	250	14	9
125	5"	139,7	3,6	6/12	225	250	280	16	14
150	6"	168,3	4	6/12	250	280	315	21	20
200	8"	219,1	4,5	6/12	315	355	400	31	35
250	10"	273,0	5	6/12	400	450	500	45	54
300	12"	323,9	5,6	12	450	500	520	58	77
350	14"	355,6	5,6	12	500	520	560	66	93
400	16"	406,4	6,3	12	520	560	630	85	120
450	18"	457,2	6,3	12	560	630	710	98	160
500	20"	508,0	6,3	12	630	710	780	109	190
600	24"	610,0	7,1	12	780	800	...	150	280
700	28"	711,0	8	12	900	...	...	180	380
800	32"	813,0	8,8	12	1000	...	...	230	500
900	36"	914,0	10	12	1100	...	...	280	630
1000	40"	1016,0	11	12	1200	...	...	340	780
1100	44"	1118,0	11	12	1300	...	...	378	943
1200	48"	1219,0	12,5	12	1400	...	...	460	1120

Ilustración 45 Características tuberías LOGSTOR (Fuente Catalogo EFITERM)

10.16.2 Accesorios

La red de hidráulica está compuesta además de las tuberías, de otros componentes tales como codos, té, reducciones, válvulas de corte, kits de empalme y otros accesorios, de la marca LOGSTOR, que se encuentran descritas en el Anejo VII Fichas técnicas de equipos [36].

En las uniones se usarán kits de empalme, juntas termo retráctiles y será necesario instalar una cinta indicadora de posición, que señalará la ubicación de la tubería, a la vista de posibles nuevas excavaciones. Se han de dimensionar arquetas de sectorización, en las que se deberá ubicar válvulas de corte, las cuales son indispensables en caso de posibles averías o ampliaciones de la red.

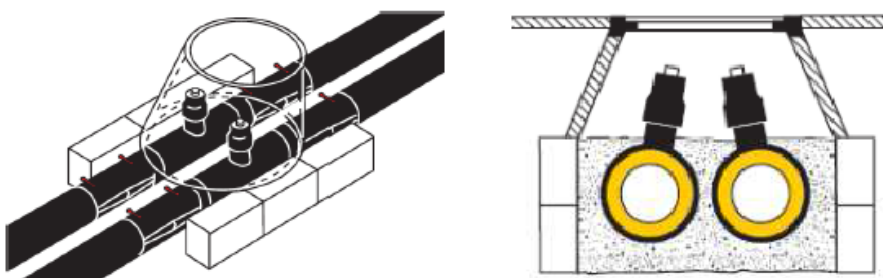


Ilustración 46 Válvulas de seguridad y/o venteo (Fuente Catalogo EFITERM)



Se han de situar junto a las válvulas de corte, válvulas de seguridad y/o venteo, en las arquetas señaladas con anterioridad, de modo que sea posible la eliminación del aire en exceso de la red y poder vaciar diferentes tramos si fuera necesario.

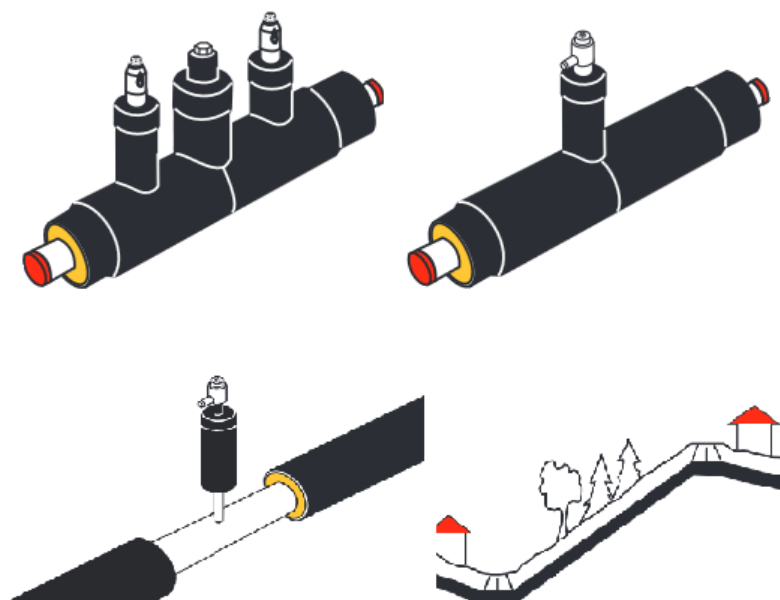


Ilustración 47 Válvula de corte + drenaje / venteo Fuente Catalogo EFITERM

10.16.3 Zanjas

Para el dimensionado de las zanjas, se ha de tener en cuenta el diámetro de las tuberías, que se utilizan en cada trazado. Las características de las dimensiones de las zanjas vienen descritas en la siguiente tabla, seguida de un esquema descriptivo de la disposición de zanjas:

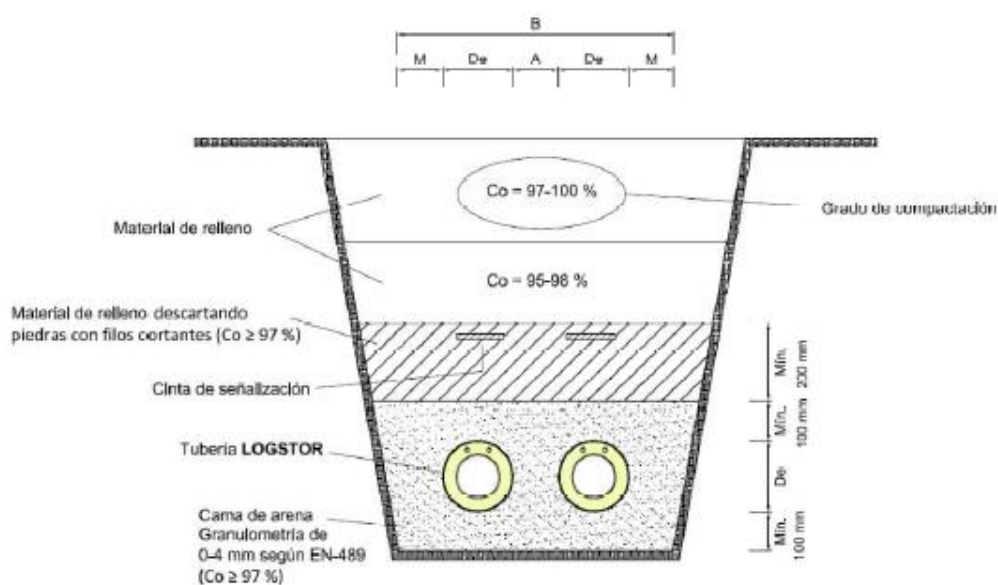


Ilustración 48 Esquema Disposición en zanja (Fuente Catalogo EFITERM)

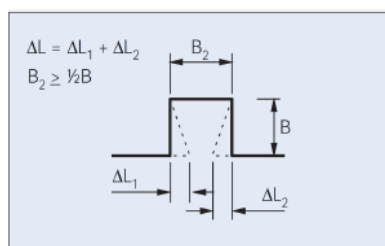


Tabla 53 Valores recomendados para Disposición en zanjas (Fuente Catalogo EFITERM)

De (mm) Ø ext. envolvente	65	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
M-A (mm) Recomendado	100	100	150	150	150	150	200	200	200	200	300	300	300	300
B (m) Ancho de zanja Recomendado	0,43	0,45	0,63	0,67	0,7	0,73	0,92	0,96	1	1,05	1,1	1,46	1,53	1,61
A (mm) mínimo	100	100	150	150	150	150	150	150	150	150	250	250	250	250
M (mm) mínimo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B (m) Ancho de zanja mínimo	0,43	0,45	0,53	0,57	0,6	0,63	0,67	0,71	0,75	0,8	0,95	1,01	1,08	1,16

10.16.4 Liras de dilatación

Con el objetivo de absorber las dilataciones térmicas, se han de diseñar liras de dilatación que tengan la capacidad de soportar el estrés que puedan sufrir las tuberías. En función de las dilataciones térmicas a absorber, se realizarán liras de una magnitud u otra:



La distancia B se calcula en función de la dilatación ΔL que es necesaria absorber.

Ej:

$$d = 168.3 \text{ mm}, \Delta L = 50 \text{ mm}, B = 1.9 \text{ m}$$

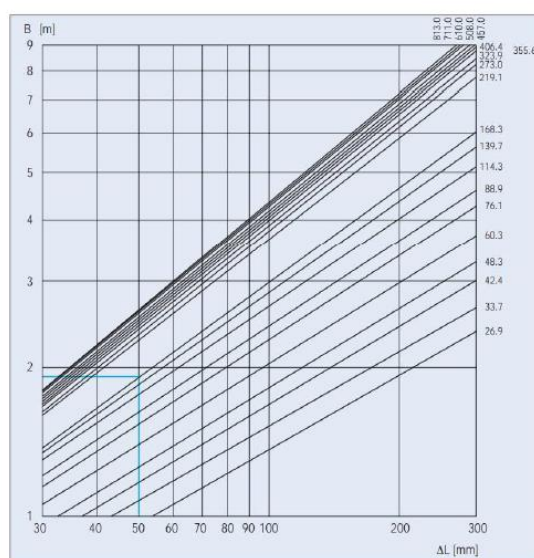


Ilustración 49 Grafico distancia en función de la dilatación (mm) (Fuente EFITERM)



10.16.5 Almohadillas de expansión

En el caso en que las liras de dilatación no fueran una solución suficiente, se emplearan almohadillas de expansión, que son elementos usados para compensar el movimiento de las tuberías en los elementos de enlace, tales como codos, reducciones, etc.

Las almohadillas tienen dimensiones estándar (40 mm de espesor y 1 m de longitud), y dependiendo de la dilatación térmica a absorber, se colocan una o varias capas:

- $10 < \Delta L \leq 35$ mm, 1 capa
- $35 < \Delta L \leq 70$ mm, 2 capas
- $70 < \Delta L \leq 105$ mm, 3 capas

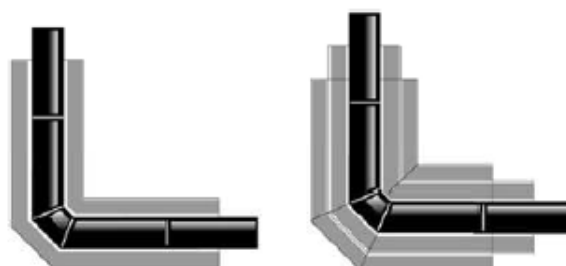
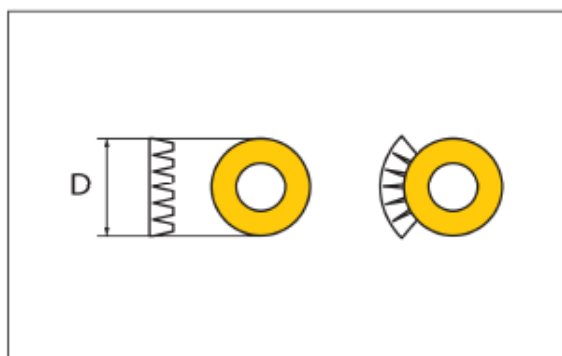
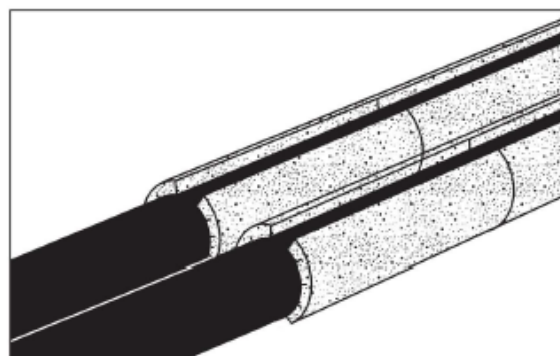
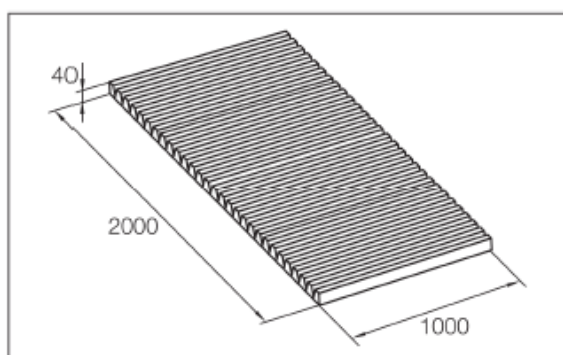


Ilustración 50 Almohadillas de expansión (Fuente Catalogo EFITERM)

En cuanto a la colocación de las almohadillas de expansión, se sitúan a ambos lados del tramo de tubería en donde sea imprescindible absorber la dilatación, teniendo en cuenta que el ancho de la almohadilla deberá ser igual al diámetro de la envolvente exterior de la tubería.



10.16.6 *Obra Civil*

El conjunto de la obra civil se realizará, según la normativa aplicable y criterios técnicos descritos, en el pliego de condiciones y de acuerdo con la normativa municipal existente.

Las actuaciones referentes a trabajos de excavación, relleno de zanjas, pavimento de hormigón, adoquinado o enlosados destinados al tránsito de vehículos o personas, le corresponden las siguientes indicaciones:

10.16.6.1 *Relleno de zanjas*

- En las zanjas en aceras, no deberá ser procedente de la excavación, excepto en el caso de que se analice las características del material y esté tenga características de un SUELO. Los rellenos deberán ser de zahorra artificial ZA-25, compactada al 100%, por capas de 20 cm.
- En las zanjas en calzada, deberá ser con zahorra artificial ZA-25, compactada al 100%.

Para la fractura del pavimento, se requerirá contar con la maquinaria apropiada, realizando cortes equidistantes continuos.

No se admite la excavación en mina, debiendo perforar el pavimento en toda la longitud que las tuberías requieran para su instalación.

Las zanjas realizadas en zonas pavimentadas se rellenarán, con suelo ZA-25, en tongadas que aseguren la compactación del tramo.

La restitución de pavimentos se hará con una sobre extensión de 1 metro en cada borde de la zanja.

En el caso de que el pavimento existente, se encuentre en mal estado, deberá levantarse y ser rehabilitado de manera íntegra.

Al finalizar la obra, deberán reponerse las correspondientes señales verticales y horizontales.

Las marcas viales afectadas, se pintarán enteras en su totalidad y con el mismo tipo de pintura que presentaban con anterioridad.

Las arquetas deberán reunir los requisitos de resistencia, para soportar las cargas sobre el pavimento.

Los Técnicos municipales deberán exigir ensayos y pruebas apropiadas, para asegurar la correcta ejecución de las obras.



10.16.6.2 *Ensayos de control de calidad*

Se exigirán ensayos del material de relleno, ensayos de compactación de zanjas, ensayo de control del hormigón de relleno y el ensayo de control de firmes y pavimentos.

10.16.6.3 *Ensayos de calidad de los suelos empleados para relleno de zanjas.*

El material para utilizar, en relleno de zanjas será ZA 25, nunca el procedente de la excavación salvo:

- El caso en que los ensayos sean para zanjas mayores de 200 m: Proctor Modificado.
- En el caso de ensayos para zanjas menores de 200 m, es suficiente aportar copias de los ensayos realizaos por el productor de la zahorra, siempre que tengan una antigüedad menor de 3 meses.

10.16.6.4 *Ensayos de compactación de zanjas.*

- La documentación del laboratorio detallará el lugar exacto de ejecución del ensayo, indicando la cota, con respecto a la profundidad de la zanja y la rasante de la calzada.
- Densidad-humedad: Realizar 5 pruebas, cada 50 m de zanja compactada.
- El nivel de exigencia del relleno compactado será del 98% y 100% PM.

10.16.6.5 *Control del hormigón en relleno de zanja.*

- El tipo de hormigón a utilizar será HM20, en base firme de hacer y HM15 en prisma de hormigón de canalizaciones.
- En zanjas menores de 100 metros, se personará albarán que indique, tipo de hormigón, procedencia, fecha y dirección de suministro.
- En zanjas de longitud superior a 100 metros, se realizará ensayos por cada 50 metros de resistencia del hormigón a 28 días y de consistencia plástica (cono de Abrams de 3 a 5 cm).

10.16.6.6 *Ensayos de control de los firmes y pavimentos*

Se deberá reponer en pavimentos de aglomerado un máximo de 16 cm y como mínimo el espesor que tenga el firme, de aglomerado mezcla bituminosa, en caliente AC 16 Surf, con sobre ancho de 30 cm a cada lado.

Se deberá aportar un informe de control de puesta en obra, certificado que deberá indicar:

- Control de temperatura de extendido y compactación
- Control de climatología.



- Control de espesor.

En caso de reposiciones para zanjas superiores a 200 metros, se pedirá albarán que justifique fabricante, elemento suministrado, fecha y dirección de suministro, además de aportar copias de los ensayos realizados por el fabricante, siempre que tengan una antigüedad menor de 6 meses.

10.17 Subestaciones

10.17.1 Componentes de una subestación

Los componentes principales de las subestaciones son los siguientes:

- Cuadro eléctrico
- Instrumentación
- Válvulas de corte secundario -Válvulas de corte circuito primario
- Válvulas de regulación de potencia
- Intercambiadores de placas
- Contador de energía
- Válvulas de regulación de presión diferencial
- Filtro tamiz



Ilustración 51 Subestación térmica

El circuito primario estará diseñado para una presión nominal de 16 bar (PN 16) y la pérdida de carga de las tuberías de edificios y de subestaciones del circuito no ha de ser mayor de 1,5 bar.

Para la composición del siguiente capítulo de dimensionado, se hace referencia al documento Anejos III Cálculos elementos de la instalación.



Teniendo en cuenta que la potencia de las subestaciones deberá ser mayor o igual a la potencia de los equipos de generación a reemplazar en los edificios, se procede al dimensionado de la red de calor y sus respectivas subestaciones.

10.17.2 *Potencia de las Subestaciones*

A continuación, en la tabla 47 se describe un resumen de la potencia seleccionada en las subestaciones, así como el consumo para cada uno de los edificios:

Tabla 54 Potencia de las subestaciones (kW)

RED DISTRICT HEATING		
SUBESTACIONES	CONSUMO (kWh)	Potencia (kW)
Campo de futbol	69.759,00	151
Piscina	522.535,00	450
Residencia	69.557,00	52
Pav-2	70.085,90	151
Pabellón 1	35.178,00	69
Pabellón 3	76.564,35	16
Atletismo	69.574,10	151
Escalada	37.746,50	69
TOTAL	950.999,84	1109

10.17.3 *Requisitos de las subestaciones*

Las subestaciones deberán cumplir las siguientes características:

- Resistir la presión de diseño del sistema, 16 bar en el primario y 10 bar en la parte de usuario.
- Resistir la temperatura de diseño máxima del sistema.
- Los materiales de diseño de las subestaciones no deben liberar sustancias nocivas en el agua, en el caso de subestaciones para ACS.
- Los materiales de diseño de las subestaciones no deberán contribuir al desarrollo de bacterias, en el caso de subestaciones para ACS.
- En el caso de mezcla de materiales, se debe de disponer de materiales que eviten la corrosión galvánica.



En cuanto a los intercambiadores utilizados, todos cumplirán con los requisitos de la norma UNE EN 1148.

10.17.4 Características Técnicas de los Intercambiadores

A continuación, se ofrece un resumen detallado de las características técnicas de los intercambiadores en las subestaciones:

10.17.4.1 Intercambiador primario calderas

Potencia de intercambio	kW	800.0	
Caudal	l/h	35404.2	35326.0
Temperatura entrada	°C	95.0	70.0
Temperatura salida	°C	75.0	90.0
Perdida de carga	kPa	29.3	29.2

10.17.4.2 Intercambiador Subestación Campo de fútbol

Potencia de intercambio	kW	151.0	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	19.8	23.7

10.17.4.3 Intercambiador Subestación Piscina municipal

Potencia de intercambio	kW	360.0	
Caudal	l/h	15896.7	15862.1
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	25.6	29.1

10.17.4.4 Intercambiador Subestación Residencia deportiva

Potencia de intercambio	kW	52.0	
Caudal	l/h	2296.2	2291.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	22.5	22.4

10.17.4.5 Intercambiador Pav-2

Potencia de intercambio	kW	151.0	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	14.8	15.3

10.17.4.6 Intercambiador Pabellón 1

Potencia de intercambio	kW	69.0	
-------------------------	----	------	--



Caudal	l/h	3046.9	3040.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	24.7	24.6

10.17.4.7 Intercambiador Vestuarios pistas de Futbol sala

Potencia de intercambio	kW	16.0	
Caudal	l/h	706.5	705.0
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	5.1	6.8

10.17.4.8 Intercambiador Pabellón de Escalada

Potencia de intercambio	kW	69.0	
Caudal	l/h	3046.9	3040.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	10.4	11.4

10.17.4.9 Intercambiador Pabellón de Atletismo

Potencia de intercambio	kW	151.0	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	14.8	15.3

10.17.5 Intercambiador Vestuarios Piscina Municipal

Potencia de intercambio	kW	90	
Caudal	l/h	3974.2	3965.5
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Perdida de carga	kPa	11.7	12.5

10.18 Instalación Eléctrica

Se define a continuación, las características de la instalación eléctrica, para la alimentación de energía de los aparatos instalados en la sala central de generación.

10.18.1 Suministro

- Corriente Alterna
- Tipo trifásica (3 Fases + Neutro)
- Tensión 400 / 230 V



- Frecuencia 50 Hz

10.18.2 *Normativa Aplicable*

Para la composición de este apartado se ha tenido en cuenta:

- El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) [16].
- Instrucciones técnicas complementarias, denominadas ITC, del MINER del 18 de septiembre de 2002.
- Directiva de Baja tensión 73/23/CEE
- NTE-IEP Norma para las instalaciones eléctricas de puesta a tierra.

10.18.3 *Clasificación de los Locales*

Según la instrucción técnica complementaria ITC-BT-29 del reglamento electrotécnico de baja tensión , el local se clasifica como local de riesgo de incendio o explosión [16].

10.18.4 *Esquema*

Conforme la instrucción técnica ITC-BT-12, la instalación de unión entre red de distribución y la instalación a dimensionar, se define con el esquema de colocación de contadores para un solo usuario [16].

El suministro eléctrico del local será mediante un punto de suministro de la red eléctrica, el cual estará ubicado en la fachada del edificio, con acceso a la vía pública con una hornacina, en la cual estará el contador, con la protección de este. Desde aquí saldremos con la derivación individual hasta el cuadro general de protección [16].

El cuadro eléctrico estará ubicado cerca a la puerta de acceso y el nivel luminoso mínimo de la sala será de 200 lux, con uniformidad media de 0,5 en la totalidad de la instalación.

Desde el cuadro eléctrico se dará suministro a los siguientes elementos:

- Caldera Hertz Firematic 399
- Caldera Hertz Firematic 399
- Sistema elevación caldera I
- Sistema elevación caldera II
- Bomba primaria
- Bombas circuito I
- Bombas circuito II



- Bombas circuito III
- Sistema de llenado vertical
- Mando y control
- Sistema de descarga de cenizas
- Alumbrado sala
- Alumbrado exterior
- Alumbrado de emergencia
- Otros usos

El cuadro de distribución dispondrá de los dispositivos de control y protección pertinentes.

Le corresponde a el cuadro, las condiciones de resistencia y seguridad adecuadas y estará dotado de cerradura.

La protección contra contactos indirectos se llevará a cabo mediante la puesta a tierra y el uso de interruptores diferenciales.

La protección frente a cortocircuitos y sobrecargas se llevará a cabo mediante interruptores automáticos magnetotérmicos.

10.18.5 *Criterios de Cálculo*

Para el cálculo de la sección de conductores, se utiliza el criterio de la temperatura máxima admisible y el criterio de la caída de tensión.

La sección del conductor necesario para una línea eléctrica viene determinada por las limitaciones de caída de tensión y calentamiento.

10.18.5.1 *Caídas de Tensión*

10.18.5.1.1 ITC BT -15

- Para el caso de derivaciones individuales en suministro para un único usuario, en el que no existe línea general de alimentación (LGA): 1,5%.

10.18.5.1.2 ITC BT-19

- En instalaciones interiores, 3% para circuitos de alumbrado y 5% para circuitos de fuerza y otro tipo de circuitos.



10.18.6 Intensidad Máxima Admisible

El R.E.B.T establece en las instrucciones técnicas, ITC BT-06, ITC-BT-07, ITC BT-19 las intensidades máximas admisibles por cables, en función del tipo de instalación, aislamiento, condiciones etc. [16].

La ITC-BT 19, regula la corriente máxima a circular, por el interior de los conductores en función de la sección del conductor, la tensión nominal del cable, el nivel de aislamiento, el método de instalación y la temperatura del medio donde se encuentra.

- Aislamiento utilizado: H 07 Z1-KTYPE 2 (AS), en la derivación individual
R Z1-K (AS), para el resto de los receptores.
- Método de instalación: B1: Conductores aislados en un conducto sobre una Pared de mampostería, en la D.I.
E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, suspendido o grapado con separación a pared o techo.
- Temperatura del medio: Se considera que la temperatura del medio es 40 °C.
- Factor de recepción: Según la ITC 47, punto 3, los conductores que suministran energía a un motor deberán estar dimensionados para soportar una intensidad del 125 % de la intensidad máxima del mismo.
Para el alumbrado se considera un factor de 1.8 en lámparas de descarga.

10.18.7 Criterio de Caída de Tensión

Para el cálculo de la sección por caída de tensión, se aplica la siguiente formulación:

Distribución monofásica:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{\gamma \times e \times U_{FN}} [mm^2]$$

Distribución trifásica:

$$S = \frac{L \times P}{\gamma \times e \times U_F} [mm^2]$$



10.19 Protecciones

10.19.1 *Protección frente a Cortocircuitos*

Se emplearán interruptores automáticos y para su selección se ha de tener en cuenta el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Poder de corte $I_A >$ corriente de cortocircuito máxima en la línea.
- Intensidad nominal del IA $<$ corriente de cortocircuito mínima en la línea.

10.19.2 *Protección frente a Sobrecargas*

Los interruptores automáticos que protegen al sistema frente a cortocircuitos servirán de igual modo para la protección frente a sobrecargas.

Deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

10.20 Potencia Máxima Admisible por la Instalación

Viene determinada por el interruptor general magnetotérmico del cuadro general, para esta instalación se ha seleccionado un interruptor magnetotérmico de 80 A. Considerando un factor de potencia de 0,9 tenemos:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 80 \times 0,9 = 49.883,063 [W]$$

10.21 Instalaciones necesarias

10.21.1 *Protección y Medida*

El módulo de protección y medida se ubicará empotrado en la pared del edificio, y se instalarán en él, los fusibles y el contador; Deberá ser compatible con la distribuidora, para suministro trifásico.

10.21.2 *Derivación Individual*

La derivación individual, se regirá a lo establecido en la ITC- BT-15. La instalación se hará con conductor unipolar de cobre, aislado en el interior, bajo tubo o canal o conducto de sección no circular, empotrados en pared de mampostería (yeso, ladrillo, hormigón) o en el suelo.



10.21.3 Instalación Interior

Los circuitos interiores, deberán cumplir con lo establecido en las instrucciones técnicas ITC BT19, ITC BT-24 e ITC BT-29 [16].

Los circuitos interiores partirán desde el cuadro eléctrico, desde donde serán protegidos con interruptores magnetotérmicos, seleccionados con el calibre adecuado con respecto a la sección del cable conductor.

La alimentación se ejecutará en distribución monofásica (fase + neutro) o en distribución trifásica (3 fases + neutro), ambas con su correspondiente conductor de protección.

10.21.4 Instalación de Alumbrado de Emergencia

Tendrá por objeto, garantizar el alumbrado en caso de fallo de la alimentación de energía al alumbrado principal, así como la iluminación de los accesos hasta la salida del local.

La instalación de alumbrado de emergencia deberá estar provista de fuente de energía propia e iniciará de manera automática su funcionamiento, manteniendo las condiciones de servicio necesarias, al menos para un periodo mínimo de una hora, desde el momento que se produzca el fallo en la alimentación del alumbrado principal.

La autonomía de la instalación se asegura mediante lámparas autónomas con baterías. La instalación deberá cumplir con las exigencias mínimas de iluminación.

10.21.5 Instalación de Puesta a Tierra

El objeto de la puesta a tierra es limitar las tensiones que con respecto a tierra puedan presentar en un momento dado, las masas metálicas y lograr que, en la instalación, no se produzca diferencias de potencial nocivas y a su vez permitir el paso a tierra de las corrientes de defecto.

Conforme a lo dictado por la ITC-BT 18, el valor de la resistencia de tierra deberá ser tal que cualquier masa, no dé lugar a tensiones de contacto superiores a 50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos.

Para tensiones de contacto menores a 24 V y al tener dispositivos de corriente diferencial residual de 300 mA, sería suficiente con una resistencia de tierra $R = 80 \Omega$.

Para tensiones de contacto menores a 50 V y al tener dispositivos de corriente diferencial residual de 300 mA, sería suficiente con una resistencia de tierra $R = 166.67 \Omega$.



La NTE-IEP define una resistencia de tierra máxima, para los edificios, de 80 Ω si no tienen pararrayos y una resistencia máxima de 15 Ω si lo tienen [37].

De otra parte, la guía BT 26 fija una resistencia de tierra máxima de 37 Ω , si no se cuenta con pararrayos y de 15 Ω si lo tienen [38].

De igual manera aconseja una puesta a tierra máxima de 5 Ω , cuando haya instalaciones de equipos informáticos y telecomunicaciones y una puesta a tierra máxima de 2 Ω , cuando existan equipos de sonido.

El electrodo, estará constituido por 4 picas, de acero revestido de cobre, de 20 mm de diámetro y 2 metros de largo, ubicadas en cada esquina de la superficie de construcción de la central de calderas y conectadas por medio de conductor de cobre desnudo de sección 50 mm².

Estará unida al mallazo de cimentación a través de conductor de sección 50 mm², la unión deberá ser a través de soldaduras aluminotérmicas, para conformar de esta manera una superficie equipotencial a lo largo del terreno donde se construirá la central de energía

Se colocarán picas verticales de 2 metros, unidas al anillo y el conjunto picas y anillo estará conectado en paralelo con respecto de tierra. Se hace referencia al documento Anejo VI: Instalación eléctrica, donde se desarrolla el cálculo de la puesta a tierra.

10.22 Verificación e Inspección

Es de obligado cumplimiento, la verificación de la instalación eléctrica en baja tensión, antes de su puesta en servicio, por parte de la empresa instaladora que la ejecute, siguiendo lo dictado en la norma UNE 20.460-6-61.

10.23 Gestión y Control de redes de Calor

Para optimizar el funcionamiento de la red, es necesario implementar un control computarizado de gestión central, para la supervisión de los elementos propios de la red, tales como calderas, compresores, motores y elementos de regulación y de medidas del consumo.

El sistema de gestión central deberá contar como mínimo con las siguientes funciones:

Intercomunicación con los sistemas de generación e interpretación de los siguientes parámetros de trabajo:

- Temperatura de impulsión y retorno.
- Temperatura de humos.



- Temperatura de combustión.
- Temperatura inferior y superior de los depósitos de inercia.
- Condiciones de la caldera.
- Potencia de trabajo.
- Niveles gases
- Emisión de partículas

La visualización de los datos deberá ser en tiempo real, en interfaz WEB, accesible desde cualquier aparato, previamente autorizado, con acceso a internet.

En las subestaciones es necesario instalar cuadros de control, que envían al sistema central la información con todas las variables a regular, tales como presión, temperatura, niveles de agua, caudal etc.

Habitualmente para la gestión central de redes de calor, se suele integrar sistemas automáticos fundamentados en sistemas SCADA, donde llegan los avisos de entrada y salida de las subestaciones a supervisar.

Algunos elementos que se deben incluir, en el control de las subestaciones se enumeran a continuación:

- Limitadores de potencia.
- Válvulas reguladoras de presión en el primario, para el equilibrado hidráulico de los circuitos.
- Sistemas de comunicación con la central de control.
- Contadores de calor

10.23.1 *Sistema de regulación*

El sistema de regulación de la instalación deberá ser intuitivo, seguro, integrado y altamente eficiente en la gestión energética. Se selecciona el sistema de regulación de la Empresa Sedical.

10.23.2 *Arquitectura del sistema de regulación*

El sistema de control cuenta con los siguientes elementos:

- Sistema de gestión ARENA NX: Es un sistema de gestión y supervisión, que combina la visualización, integración, seguimiento y elaboración de informes en una única plataforma.



- Controlador Eagle Hawks NX: Es un controlador potente implementado para sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. El controlador es libremente programable utilizando la plataforma CentraLine Niagara extended NX.
- Controlador Merlín NX: Utilizado para la gestión de las subestaciones, la modulación de la potencia disipada y la supervisión de la eficiencia de los intercambiadores.
- Elementos complementarios: Navegador web, Wifi, sistema web touch, ordenador.

A continuación, en la siguiente figura, se describe la arquitectura del sistema de regulación:

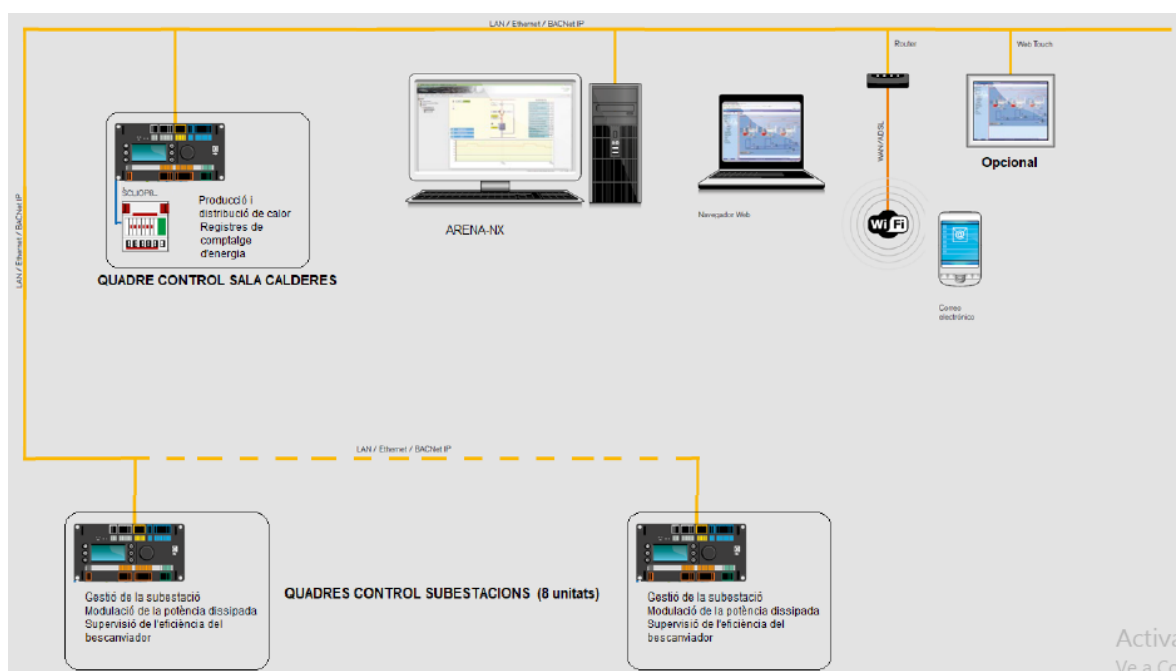


Ilustración 52 Arquitectura del sistema de regulación para District Heating (Fuente: Sedical)

10.24 Puesta en marcha de la instalación

10.24.1 Pruebas.

10.24.1.1 Calderas de Biomasa.

Se comprobarán las datos de combustión y se calibrarán los rendimientos, a excepción en los generadores que tengan la certificación CE, conforme al RD 275/1995.

10.24.1.2 Pruebas de estanqueidad en la red de tuberías de agua.

La totalidad de la red de tuberías deberá ser sometida a pruebas de estanqueidad.

Podrán realizarse las pruebas, sobre la totalidad de la red de tuberías o sobre un parte de ella, cuando lo exijan las circunstancias de la obra.



Deberán ser accesibles para la observación de fugas y su correspondiente reparación, todas las partes de la red de tuberías.

Los extremos de la sección de tuberías deberán poder ser sellados herméticamente.

Con anterioridad a la realización de la prueba, la red de tuberías deberá limpiarse de todo los desperdicios procedentes del montaje.

Se deberá verificar que los equipos y accesorios estén incluidos, en la sección de la red a comprobar y que soporten la presión de trabajo asignada.

Al origen de presurización le corresponde, tener una presión igual o mayor que la presión de prueba. La conexión deberá tener los siguientes elementos:

- Válvula de cierre tipo esfera.
- Filtro de agua.
- Válvula de retención
- Válvula reductora de presión o en su caso bomba dotada de variador de frecuencia.
- Manómetro.
- Válvula de seguridad regulada la presión máxima admisible de la red.
- El llenado se llevará a cabo desde la parte más baja del circuito.
- Se deberá eliminar todo el aire que viene desplazado por el agua, mediante válvulas de evacuación de aire y dejando abiertos los puntos altos de la red.
- Las fugas se han de detectar por formación de goteo y en caso de fugas muy pequeñas, por la formación de áreas mojadas.
- Para efectuar la prueba preliminar de estanqueidad se llenará el circuito desde la parte más baja, permitiendo que se evacue el aire por lo puntos más altos.
- Bajo la presión hidrostática, se comprobará la presencia de fugas, principalmente en las uniones
- Se procederá a efectuar reparaciones, en su caso, y se repetirá la prueba hasta que no se detecten más fugas.

10.24.1.3 Pruebas de resistencia mecánica

Al momento de llenado de la red, se aumenta la presión hasta el valor de prueba y se sella la cometa de agua. Si la presión en el manómetro bajara, se comprobará que las válvulas estén totalmente cerradas. En caso positivo se deberá recorrer la red para buscar signos de pérdidas de líquido.



La reparación de las fugas se ha de realizar desmontando el accesorio en donde se manifieste la fuga y sustituyéndolo por material nuevo. Al finalizar las pruebas se ha de reducir la presión, conectar los equipos a la red, se actuará sobre las válvulas de corte y las válvulas de evacuación de aire y se instalaran de nuevo todos los aparatos de control y medición.

10.24.1.4 *Pruebas de estanqueidad de chimeneas*

Se realizarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

10.24.1.5 *Pruebas finales.*

Para la realización de las pruebas finales se ha de seguir las instrucciones de la norma UNE-EN 12599.

10.24.1.6 *Ajuste y equilibrado*

Los datos de funcionamiento deberán ser adaptados, a los valores referenciados en el presente documento y en los planos del proyecto.

Para garantizar que todos los circuitos han sido ajustados y equilibrados, se ha de garantizar el cumplimiento de las recomendaciones de los fabricantes, en las fichas técnicas de los equipos.

En particular, en el ajuste del sistema de automatización y control, en el cual se debe tomar en cuenta la norma UNE-EN 16484, de obligado cumplimiento.

10.25 Eficiencia Energética

Para el dimensionado de los elementos de la sala de generación, se han tomado medidas centradas en la limitación del consumo y medidas especificadas en la IT 1.2 para cada sistema.

Para comprobar el cumplimiento de estas medidas, se ha seguir la secuencia específica para el procedimiento de la IT 1.2.2.

10.25.1 *Producción de calor.*

La potencia entregada por las calderas se ha de dimensionar de acuerdo con la carga máxima simultanea de las instalaciones, teniendo en cuenta las pérdidas de calor y la potencia absorbida por los equipos de conducción de agua.

Se han de seleccionar los equipos adecuados en término de potencia, teniendo en cuenta la carga máxima simultanea generada por los elementos de la instalación.



Se podrá variar el caudal del fluido caloportador, para acondicionarse a la carga térmica instantánea de los equipamientos.

El quemador de las calderas de biomasa será automático y provisto de motor de engranaje, activado mediante variador de frecuencia.

La exigencia de fraccionamiento de potencia queda suficientemente cumplida, con la instalación de dos calderas de biomasa.

Se ha de contar con un controlador externo, para regular el funcionamiento en cascada de la producción energética. El sistema estará fundamentado en una red, donde se interconectan las diferentes unidades a controlar, ocupándose de la regulación y control de la sala de producción.

10.25.2 *Aislamiento térmico*

Los elementos en las instalaciones térmicas deberán disponer de aislamiento térmico cuando:

- Contengan fluidos con temperatura menor que la temperatura del ambiente del recinto por el que discurran.
- Contengan fluidos con temperatura mayor de 40 °C, instalados en locales no calefactados, entre los que se ha de tener en cuenta galerías, pasillos, salas de máquinas, suelos y falsos techos.

En la actuación simplificada, de los grosores mínimos de aislamientos térmicos, en función del diámetro exterior a aislar y en función de la temperatura del fluido en la red, deben ser los indicados en la IT 1.2.4.2.1.

En las instalaciones con fluidos calientes, se han de verificar:

- Las tuberías que discurran por locales no calefactados han de estar aisladas con espesor de aislamiento mayor o igual a él establecido en el Reglamento.
- Las tuberías que discurran por el exterior han de estar aisladas con el espesor térmico adecuado establecido por el reglamento.
- El espesor mínimo para tuberías de diámetro inferior a 20 mm y extensión menor de 5 metros, deberá ser de 10 mm, para evitar la formación de condensaciones.
- Las tuberías de la sala de calderas se aislarán, según lo expuesto anteriormente y las tuberías que van desde la sala de calderas hasta los edificios, se suministran aisladas desde fábrica.



10.25.3 *Sistemas de Control.*

10.25.3.1 *Control en edificios.*

Se dotará de sistemas de control automático a cada edificio, con el objetivo de mantener en los locales, las condiciones de diseño dispuestas, regulando el uso de energía a las variaciones de la carga térmica.

Los sistemas de control deberán poderse ajustar de manera remota y de acuerdo con las necesidades que demande el usuario.

10.25.3.2 *Control en sala de calderas.*

Los elementos de la instalación estarán regulados por un sistema de control y cada caldera deberá contar con un cuadro de control, de fácil uso y dotado de sistema de autodiagnóstico.

10.25.3.3 *Control de consumos.*

Se dispondrá en la instalación de dispositivos de conteo de la energía generada o demandada en los circuitos de calefacción o ACS.

Estos dispositivos, han de poder modular la generación de energía térmica, en función de la energía demandada. Cada caldera ha de disponer de contador de energía, al tener una potencia mayor de 70 kW. No se podrá instalar ventilador o bomba, de potencia eléctrica del motor mayor de 20 kW. La sala de calderas ha de disponer de un contador de agua consumida, en el llenado de agua fría de la red.

10.25.3.4 *Utilización de energías renovables*

El cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables se considera justificada, conforme que la fuente de energía es Biomasa y se le considera energía renovable.

10.26 *Mantenimiento preventivo*

Deberá asegurarse en la actividad de las instalaciones térmicas, la eficiencia, la seguridad, la durabilidad, la protección del medio ambiente y las condiciones de bienestar establecidas.

Las tareas de mantenimiento, las operaciones y la periodicidad para llevarlas a cabo se indican en la tabla N. °48, donde “s” indica una vez por semana, “m” indica una vez al mes, “t” indica una vez por temporada y “2t” indica dos veces por temporada al año.



Tabla 55 Operaciones de mantenimiento

OPERACIÓN	Periodicidad					
	P ≤ 70 kW			P > 70 kW		
	S	M	T	M	T	2T
Revisión de datos de las calderas						
Medición del PH						
Inspección válvula de seguridad						
Inspección vaso de expansión						
Revisión sistema de tratamiento de agua						
Comprobación del material refractario						
Revisión de presión de agua en calderas y circuitos						
Revisión de estanqueidad						
Inspección y aseo de aparatos de recuperación de calor						
Inspección y limpieza de elementos de impulsión y retorno						
Inspección de elementos de protección contra incendios						
Revisión del aislamiento térmico						
Revisión de controles de automatización						
Inspección del estado de almacenamiento de biomasa						
Revisión del contenedor plegable						
Limpieza y retirada de cenizas						
Control visual de la caldera de biomasa						
Comprobación y limpieza de la cámara de combustión						
Comprobación y limpieza de chimeneas						
Inspección del reglaje y funcionamiento del termostato						
Comprobación de reglaje y actuación de la seguridad por temperatura						
Inspección del sistema de llama del biocombustible						
Inspección de sistema de extracción de gases						
Comprobación de actuación de los elementos de seguridad y enclavamiento						
Inspección y limpieza de la cúpula de postcombustión						
Control de piezas de desgaste (cuando proceda) o por indicaciones del fabricante						
Control de las placas de empuje (cuando proceda)						
Controlar las instalaciones de seguridad contra el retroceso de la combustión						
Controlar la limpieza de los remanentes de la combustión						
Limpieza y control de la tapa de seguridad contra el retroceso de la combustión						
Lubricación de rodamientos y cadenas						
Medición de gases de combustión y redacción de acta de medición						
Limpieza y comprobación de la junta de estanqueidad de la puerta						
Limpieza y comprobación del sinfín de alimentación del biocombustible						
Limpieza y comprobación del sinfín de extracción de ceniza						
Limpieza y comprobación del estado de cables y sensores						
Inspección de las conexiones eléctricas						
Verificación y ajuste de la protección térmica del motor del ventilador						
Inspección de las conexiones de la puesta a tierra de la caldera						
Inspección de las conexiones de los sistemas eléctricos para el transporte del biocombustible						
Verificación de los pilotos de señalización y sustitución si procede						
Verificación de interruptores, contactores, relés y protecciones eléctricas						
Verificación del estado de la ventilación de la sala de calderas						



11. Planificación

El proyecto se desarrollará en 5 fases para el desarrollo de las obras, se estima una duración total aproximada de 90 días para la puesta en marcha de la red de calor. A continuación, se describe la planificación para el desarrollo de las obras:

Tabla 56 Planificación de obra (Fuente: El autor)

Etapas	Inicio	Finalización	Duración	Progreso	Días completados	Días para finalizar
FASE 1						
Replanteo de obra	11/01/2021	16/01/2021	5	100 %	5	0
Adecuación de la parcela	17/01/2021	23/01/2021	6	100 %	6	0
Cimentación de la central DH	24/01/2021	31/01/2021	7	100 %	7	0
Excavación de zanjas para conexión con tuberías hasta las subestaciones	01/02/2021	06/02/2021	5	25 %	1,25	3,75
Construcción de central DH	07/02/2021	13/02/2021	6	100 %	6	0
Excavación de zanjas para conexión con tuberías hasta las subestaciones	14/02/2021	21/02/2021	7	50 %	3,5	3,5
FASE 2						
Cierre de sala e instalación de cubierta	22/02/2021	25/02/2021	3	100 %	3	0
Introducción de equipos en central DH	26/02/2021	01/03/2021	3	100 %	3	0
Excavación de zanjas para conexión con tuberías hasta las subestaciones	02/03/2021	04/03/2021	2	75 %	1,5	0,5
FASE 3						
Montaje de calderas, silo y alimentación y otros dispositivos	05/03/2021	11/03/2021	6	100 %	6	0
Conexión hidráulica	12/03/2021	18/03/2021	6	100 %	6	0
Montaje eléctrico	19/03/2021	22/03/2021	3	100 %	3	0
Excavación de zanjas para conexión con tuberías hasta las subestaciones	23/03/2021	24/03/2021	1	100 %	1	0
FASE 4						
Montaje de subestaciones	25/03/2021	31/03/2021	6	100 %	6	0
Conexión de circuitos hidráulicos, eléctricos y de control	01/04/2021	08/04/2021	7	50 %	7	3,5
Conexión de circuitos hidráulicos, eléctricos	09/04/2021	16/04/2021	7	100 %	7	0
FASE 5						
Realización de pruebas, legalización y puesta en marcha	17/04/2021	24/04/2021	7	100%	7	0



12. Resumen del Presupuesto

A continuación, el resumen del presupuesto base de licitación:

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
N.º de orden	Descripción de unidad de obra	Importe
1	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	
1.1	OBRA CIVIL	
1.1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	971,25 €
1.1.2	INFRAESTRUCTURAS Y ACOMETIDAS	
1.1.2.1	DRENAJE, SANEAMIENTO	4.873,73 €
1.1.2.2	ALUMBRADO EXTERIOR	2.341,45 €
1.1.3	URBANIZACIÓN	
1.1.3.1	VALLADOS Y ACCESOS	4.841,15 €
1.1.3.2	PAVIMENTOS Y FIRMES	5.973,90 €
1.1.4	CIMENTACIÓN	7.161,31 €
1.1.5	ESTRUCTURAS	24.463,76 €
1.1.6	ALBAÑILERIA	238,50 €
1.1.7	FACHADA	9.078,00 €
1.1.8	CUBIERTA	6.230,00 €
1.1.9	REVESTIMIENTOS	
1.1.9.1	FALSO TECHO	213,19 €
1.1.9.2	PARAMENTOS	2.824,48 €
1.1.9.3	PAVIMENTOS	2.823,78 €
1.1.10	CARPINTERIAS	3.034,70 €
1.2	CALDERAS	165.288,00 €
1.3	SILO	39.358,00 €
1.4	EVACUACION DE HUMOS	20.363,23 €
1.5	INSTALACIONES	
1.5.1	INSTALACION ELECTRICA	17.758,35 €
1.5.2	INSTALACION HIDRAULICA SALA DE CALDERAS	64.182,86 €
1.5.3	VENTILACION	121,12 €



1.5.4	SANEAMIENTO	14,60 €
1.5.5	PLUVIALES	702,36 €
1.5.6	SISTEMA CONTRA INCENDIOS	254,62 €
1.5.7	SISTEMA DE CONTROL Y GESTION	16.184,95 €
1.6	MOBILIARIO	559,40 €
2	RED DE DISTRIBUCION	
2.1	TUBERIAS PREAISLADAS	100.545,80 €
2.2	RED DE CANALIZACION	88.942,24 €
3	SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO	
3.1	SUBESTACION CAMPO DE FUTBOL	8.492,99 €
3.2	SUBESTACION PISCINA	16.985,98 €
3.3	SUBESTACION VESTUARIOS PISCINA	6.019,00 €
3.4	SUBESTACION RESIDENCIA DEPORTIVA	5.135,00 €
3.5	SUBESTACION PAV-2	8.492,00 €
3.6	SUBESTACION PABELLÓN 1	5.235,00 €
3.7	SUBESTACIÓN VESTUARIOS FUTBOL	2.489,00 €
3.8	SUBESTACION ESCALADA	5.235,00 €
3.9	SUBESTACION ATLETISMO	8.492,00 €
4	GESTIÓN AMBIENTAL	
4.1	GESTION DE RESIDUOS	2.513,17 €
5	SEGURIDAD Y SALUD	
5.1	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	307,92 €
5.2	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	926,75 €
TOTAL, EJECUCIÓN MATERIAL		717.752,51 €
13% Gastos Generales		93.307,82 €
6% Beneficio industrial		43.065,15 €
TOTAL, EJECUCIÓN POR CONTRATA		854.125,48 €



Gastos cálculos y redacción del Proyecto

14.999,98 €

TOTAL, PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN

869.125,46 €

12.1 Presupuesto para conocimiento de la administración

La cuantía del presupuesto base de licitación, asciende a la cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL CIENTO VEINTICINCO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CENTIMOS (869.125,46 €).

Se ha de aplicar al presupuesto base de licitación el 21 % de I.V.A de CIENTO OCHENTA Y DOS MIL QUINIENTOS DIECISÉIS EUROS CON TREINTA Y CUATRO CENTIMOS (182.516,34 €).

Por lo tanto, valor final del presupuesto, para conocimiento de la administración es el siguiente:

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	869.125,46 €
I.V.A 21 %	182.516,34 €
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	1.051.641,80 €

Tabla 50 Presupuesto para Administración

El presupuesto para conocimiento de la administración, de las obras incluidas en el presente proyecto es de UN MILLON CINCUENTA Y UN MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CENTIMOS (1.051.641,80 €).

Amposta, a 20 de enero de 2020

El Autor del Presupuesto

Firmado: Luis Felipe Ramírez Gamboa

Ingeniero Técnico Industrial



12.2 Período de garantía de la instalación

El tiempo de garantía de la instalación deberá ser como mínimo de dos años, a contar desde la firma del documento de recepción definitiva de la instalación, excepto en el caso que se indique un plazo distinto en el contrato de adjudicación de obras.

La garantía de los elementos de la instalación deberá ser indicada por los fabricantes de dichos aparatos y deberá ser como mínimo, la indicada por la legislación vigente española.

12.3 Conclusión

Con todo lo anteriormente exhibido, se considera la instalación y las obras a ejecutar, lo suficientemente descritas, por lo que se someterá el presente estudio, a consideración de las instituciones correspondientes para su oportuna autorización.

En Amposta (Tarragona), 20 de Enero de 2020

Firmado: Luis Felipe Ramírez Gamboa



13. Bibliografía

- [1] IDOM, “Pla director zona esportiva d’amposta,” Amposta, 2018.
- [2] Instituto Catalán de Energía, “Edificios de consumo energético casi zero. Instituto Catalán de Energía,” 2018. http://icaen.gencat.cat/es/energia/usos_energia/edificis/consum_nul/.
- [3] M. Ambient, *P la d ' A ctuació M unicipal*. 2007.
- [4] Ministerio de Industria Energía y Turismo, “RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios. Versión Consolidada.,” *Bol. Of. del estado*, no. 74, p. 137, 2013,
- [5] “Fitxes tècniques: requeriments tipològics i aspectes normatius. Esport.”
https://esport.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/equipaments-esportius/estudis-tecnics-sobre-equipaments-esportius/fitxes-tecniques-requeriments-tipologics-i-aspectes-normatius.
- [6] Guía básica de redes de distrito de calor y de frío, “Guía básica de redes de distrito de calor y de frío,” pp. 1–53, 2011, [Online].
- [7] “We Are All Connected - #DHCities.” <https://dhcities.eu/>.
- [8] G. D. E. Espa, M. Para, L. A. Transici, and E. L. R. Demogr, “Memoria idae 2018,” 2018.
- [9] “BiomassaCAT. Institut Català d’Energia.”
<http://icaen.gencat.cat/ca/energia/renovables/biomassa/BiomassaCAT/>.
- [10] C. Gracia, “Biomassa forestal,” pp. 1–24, 2012.
- [11] Ministerio de Fomento, “Documento básico SI Seguridad en caso de incendio,” 2019.
- [12] Aenor, “NORMA UNE-EN 13384-1 Chimeneas, métodos d cálculo térmico y de fluidos dinamicos parte 1,” 2003.
- [13] Ministerio de Fomento, “Documento B ásico HR Protección frente al ruido,” *Septiembre*, vol. 2013, pp. 1–129, 2019.
- [14] Ministerio de Fomento (España), “Documento Básico HE Ahorro de Energía 2019,” *Código Técnico la Edif.*, pp. 1–129, 2019.
- [15] Ministerio de Vivienda, “Real Decreto 2066/2008, de 12 de diciembre,” *Boletín Of. del Estado*, p. 51909, 2008.
- [16] A. E. B. O. del E. España, *BOE-326 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC*. 2020.



- [17] Ministerio de Trabajo, “Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.,” *Subvenciones al empleo. Trab. interés Gen.*, pp. 34204–34205, 2005.
- [18] Ministerio de Sanidad y Consumo, “REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio de 2003,” *Boletín Of. del Estado*, pp. 28055–28069, 2003.
- [19] “B.O.E. de 28 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis,” pp. 27750–27759, 2001.
- [20] BOE, “Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales BOE.es - Documento consolidado BOE-A-1995-24292,” *Boletín Of. del Estado*, pp. 1–40, 1995.
- [21] C. D. L. C. EUROPEAS and Bruselas, “Plan de acción sobre la biomasa,” *Agenda*, 2006.
- [22] BOE, “Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera,” *Boletín Of. del Estado*, vol. BOE-A-2007, no. 16 noviembre de 2007 (275), pp. 10–15, 2015, doi: 10.1016/j.watres.2009.01.011.
- [23] ISO (International Organization for Standardization), “Norma española : UNE 157001 – febrero 2002- Título : ‘ Criterios generales para la elaboración de proyectos ’ Índice :,” vol. 2002, 2002, doi: 10.1093/ntr/nts340.
- [24] E. D. E. L. D. Une-en, “UNE-EN 12831 Sistemas de calefacción en edificios,Método para el cálculo de la carga térmica de diseño.,” 2003.
- [25] Gobierno de España, “Boletón Oficial del Estado,” *Boletín Of. del Estado*, pp. 61561–61567, 2020.
- [26] Aenor, “UNE-EN 1856-2,Chimenas Requisitos para chimeneas metálicas.,” 2005.
- [27] AENOR, “UNE-EN 1507,Verificación de edificios Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular,” pp. 0–2, 2007.
- [28] L. Wittgenstein, “Reglas, normas y recomendaciones de nombres y simbolos de las unidades SI,” 2008.
- [29] UNE, “Norma Española Biocombustibles sólidos Especificaciones y clases de combustibles Parte 2: Clases de Pélets de madera (ISO 17225-2:2014),” pp. 6–9, 2019.
- [30] I. Ministerio de Industria,Turismo y comercio, *Guia técnica agua caliente sanitaria central*. 2010.
- [31] R. Barro, “Calidad de los biocombustibles,” pp. 1–6, 2008.



- [32] AENOR, “Cálculo,diseño e instalación de chimeneas modulares,” *Office*, p. 46, 2012, doi: 10.1039/c0cp01060j.
- [33] Aenor, “NORMA UNE-EN 13384-2, Chimeneas métodos de cálculo térmicos y fluido dinámicos parte 2,” 2005.
- [34] Aenor, “UNE-100-155-88-VE.pdf.” .
- [35] D. E. R. Hidr, “Manual para el diseño de redes hidraulicas,” 1996.
- [36] LOGSTOR, “DISTRICT HEATING & COOLING,” 2015.
- [37] M. Mercante *et al.*, “NTE-IEP,” 1973.
- [38] Ministerio de Ciencia y Tecnología, “Guía Técnica ITC-BT-26,” pp. 1–13, 2002.



ANEJO I

DEMANDA ENERGÉTICA Y CONSUMO DE LOS EDIFICIOS



Índice

1.	Introducción	122
2.	Objeto	122
3.	Criterio de Cálculo	122
4.	Cálculo de la Demanda Energética	124
4.1	Campo de Fútbol	124
4.1.1	Demanda energética campo de fútbol	124
4.1.2	Consumo de gas campo de fútbol	125
4.2	Piscina Municipal	126
4.2.1	Demanda energética Piscina Municipal	126
4.2.2	Consumo de gas Piscina Municipal	127
4.3	Piscina cubierta	128
4.3.1	Demanda energética Piscina cubierta	128
4.3.2	Potencia necesaria para la puesta a régimen	135
4.3.3	Cálculo del calentamiento de ACS	136
4.3.4	Acondicionamiento del aire	137
4.3.5	Resultados técnicos	140
4.3.6	Resumen del cálculo de pérdidas	140
4.4	Residencia deportiva	140
4.4.1	Demanda energética Residencia Deportiva	141
4.4.2	Consumo de gas Residencia Deportiva	142
4.5	Edificio Pabellón 1	143
4.5.1	Demanda energética Pabellón 1	143
4.5.2	Consumo de gas Pabellón 1	144
4.6	Vestuarios pistas de Fútbol sala	145
		120



4.6.1	Demanda energética Pistas de Fútbol sala	145
4.7	Pabellón de escalada	146
4.7.1	Demanda energética Pabellón de escalada	146
4.8	Pabellón de Atletismo	147
4.8.1	Demanda energética Pabellón de Atletismo	147
4.9	Pabellón Pav-2	148
4.9.1	Demanda energética Pav-2	148
5.	Resumen Demanda Energética Total	150



1. Introducción

En el presente documento, se redacta el cálculo de la demanda energética y el consumo de anual de energía, de los edificios del “Proyecto de implantación de una red District Heating de Biomasa para abastecimiento de servicios de calefacción y ACS del centro de tecnificación deportiva de la ciudad de Amposta”

2. Objeto

El objetivo principal de este análisis es:

- Realizar un estudio de la demanda energética de los antiguos edificios, para el posterior cálculo de la potencia de las unidades de producción central.
- Analizar las posibles deficiencias de energía térmica en edificios deportivos y solventarlas.
- Proyectar las necesidades energéticas de los nuevos edificios y estimar la potencia de las calderas a usar.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de solicitud de subvenciones para proyectos de redes de distribución de energía térmica con equipamientos de biomasa, cofinanciadas por el fondo europeo de desarrollo regional.

3. Criterio de Cálculo

Se ha elaborado un cálculo aproximado, para determinar la demanda térmica de los edificios y los consumos energéticos asociados, teniendo en cuenta el consumo de combustible, la cantidad de usuarios y las proyecciones para los nuevos edificios. Para lo cual se tienen los siguientes datos:

- Consumo de Agua (l/día), según el Documento Básico de Ahorro de Energía, sección HE4, para una temperatura de 60 °C.
- Para calcular el Salto Térmico (ΔT), se tendrá en cuenta la temperatura del agua de red de la Provincia de Tarragona (Datos Norma UNE 94.002/95).

En la siguiente tabla, se establecen las condiciones de criterio, para el cálculo del consumo diario de agua por persona, en los diferentes equipamientos:



Tabla 1. Consumo de Agua (l/día)

Criterio de la Demanda	Litros / Día x unidad	Unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y Clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y Centros de Salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel****	55	Por persona
Hotel***	41	Por persona
Hostal**/Hostal	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/Pensión	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro Penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas Colectivas	21	Por persona
Escuelas Sin Ducha	4	Por persona
Escuela Con Ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábrica y Talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Fuente: Documento Básico de Ahorro y Energía, Sección HE4

Para el cálculo de la demanda energética de ACS:

$$D_{acs} \left[\frac{kcal}{mes} \right] = usuarios \text{ al mes} \times consumo \text{ de ACS } \left(\frac{litros}{usuario} \right) \times C_p \times \Delta T$$

Donde,

$$C_p = \text{Calor específico del agua} = 1 \frac{kcal}{kg} ^\circ C$$

$$\Delta T = \text{Salto térmico } (60^\circ C - \text{Temperatura de red})$$

- Factores de conversión
 - 1 kcal = 0,00116222 kWh
 - 1 litro de agua = 1 kg



Tabla 2. Temperatura media mensual del agua Red de Tarragona

Mes	Temperatura de Red
Enero	10
Febrero	11
Marzo	12
Abril	14
Mayo	16
Junio	18
Julio	20
Agosto	20
Septiembre	19
Octubre	16
Noviembre	12
Diciembre	11

Fuente: CTE.

4. Cálculo de la Demanda Energética

Se realiza una estimación de la demanda energética, basado en una aproximación de la cantidad de usuarios que utilizan las instalaciones.

4.1 Campo de Fútbol

4.1.1 Demanda energética campo de fútbol

La tabla a continuación muestra la estimación de la demanda energética del Campo de Fútbol:

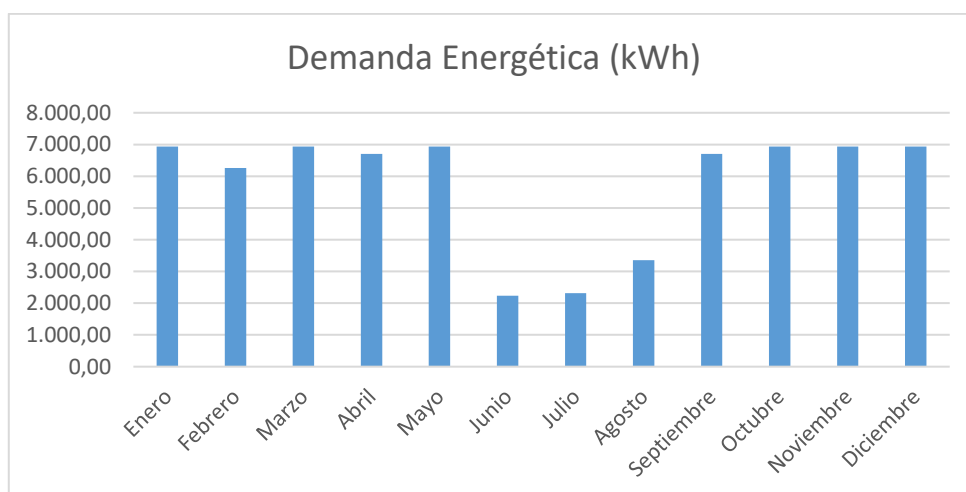
Tabla 3. Estimación de la Demanda Energética Campo de Fútbol

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura °C	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	5.684,00	119.364,00	10	50	5.968.200,00	6.936,36
Febrero	5.132	107.772,00	10	50	5.388.600,00	6.262,74
Marzo	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Abril	5.491	115.316,04	10	50	5.765.802,00	6.701,13
Mayo	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Junio	1.830	38.438,68	10	50	1.921.934,00	2.233,71
Julio	1.894	39.785,83	10	50	1.989.291,50	2.311,99
Agosto	2.745	57.658,02	10	50	2.882.901,00	3.350,57
Septiembre	5.491	115.316,04	10	50	5.765.802,00	6.701,13
Octubre	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Noviembre	5.684	119.364,00	10	50	5.968.200,00	6.936,36
Diciembre	5.683	119.357,49	10	50	5.967.874,50	6.935,98
Total, Anual	56.687,84	1.190.444,57			59.522.228,50	69.177,92
Media diaria	155,31	3.261,49			163.074,60	189,53



Fuente: El Autor

Gráfico 1. Demanda Energética Campo de Fútbol (kWh)



4.1.2 Consumo de gas campo de fútbol

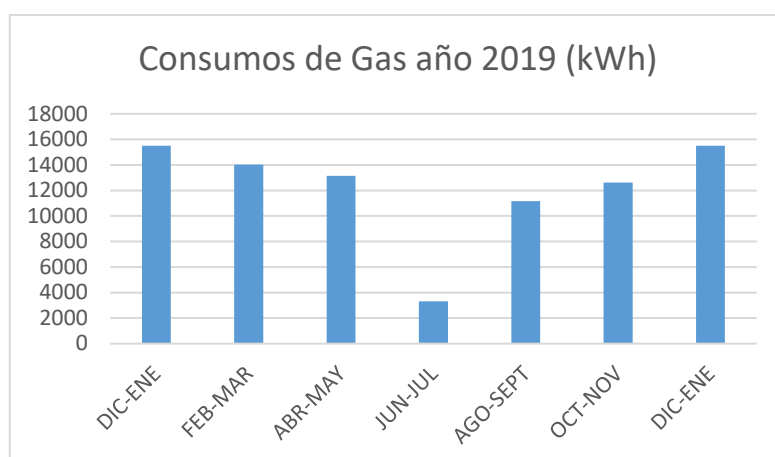
A continuación, se refieren los datos de las facturas por consumo de gas del año 2019 (Tabla 4) y su gráfico correspondiente (Gráfico 2).

Tabla 4. Consumo de Gas Campo de Fútbol

	Período	Consumo (kWh)	Días	Importe (sin IVA)	Consumo (m ³)	Total (€)
Dic-Ene	01/12/2018 a 29/01/2019	15.496	59	733,54	1.328	887,58
Feb-Mar	30/01/2019 a 28/03/2019	14.028	58	684,93	1.202	828,77
Abr-May	29/03/2019 a 30/05/2019	13.134	62	665,01	1.134	804,66
Jun-Jul	31/05/2019 a 01/08/2019	3.326	62	262,41	287	317,52
Ag-Sept	02/08/2019 a 03/10/2019	11.168	62	610,11	969	738,23
Oct-Nov	04/10/2019 a 04/12/2019	1.2607	62	687,02	1.093	831,29
Total		69.759,00	365	3.643,02	6.013,00	4.408,05

Fuente: El Autor

Gráfico 2. Consumo de Gas Campo de Fútbol (kWh)



4.2 Piscina Municipal

4.2.1 Demanda energética Piscina Municipal

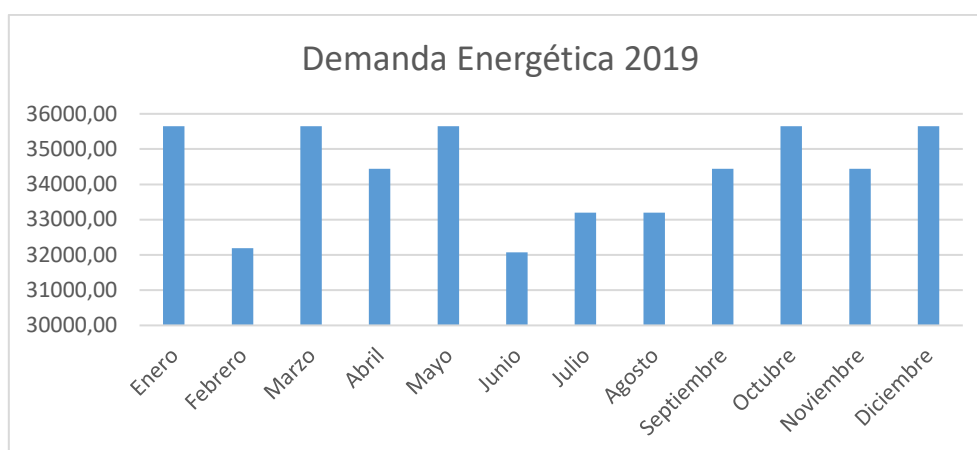
La siguiente tabla, muestra la estimación de la demanda energética de los vestuarios de la Piscina Municipal, acompañada con su gráfico correspondiente (Gráfico 3).

Tabla 5. Estimación Demanda Energética Vestuarios Piscina Municipal (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto Térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	29.216	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Febrero	26.380	553.980,00	10	50	27.699.000,00	32.192,33
Marzo	29.216	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Abril	28.227	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Mayo	29.216	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Junio	26.283	551.953,08	10	50	27.597.654,00	32.074,55
Julio	27.205	571.297,23	10	50	28.564.861,50	33.198,65
Agosto	27.205	571.297,23	10	50	28.564.861,50	33.198,65
Septiembre	28.227	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Octubre	29.216	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Noviembre	28.227	592.758,60	10	50	29.637.930,00	34.445,80
Diciembre	29.216	613.532,85	10	50	30.676.642,50	35.653,01
Total, Anual	337.831,79	7.094.467,59			354.723.379,5	412.266,61
Media diaria	925,57	19.436,90			971.844,88	1.129,50

Fuente: El Autor

Gráfico 3. Demanda Energética Vestuarios Piscina Municipal (kWh)



4.2.2 Consumo de gas Piscina Municipal

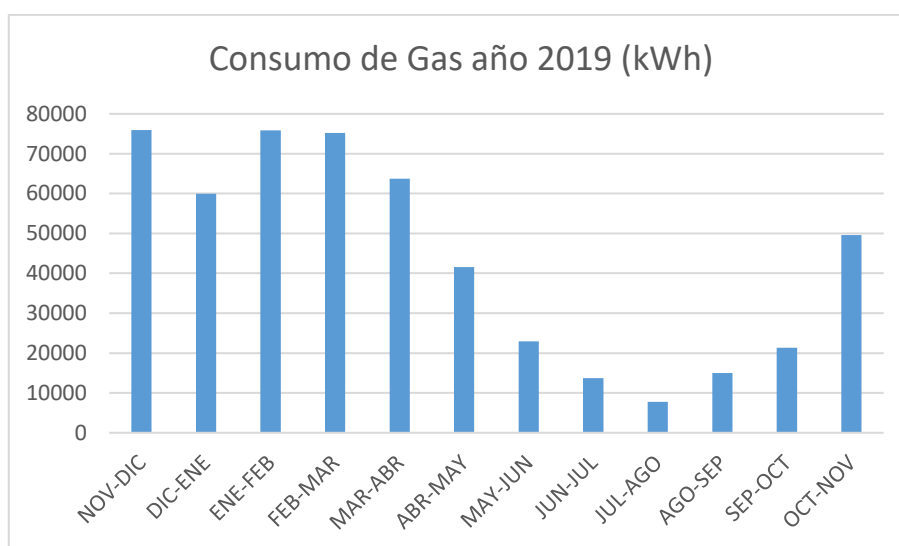
La relación de facturas por consumo de gas del año 2019 se puede observar en la siguiente tabla de la cual se desprende su gráfico correspondiente (Gráfico 4).

Tabla 6. Consumo de Gas Piscina Municipal (kWh)

	PERIODO	CONSUMO (kWh)	DIAS	IMPORTE (SIN IVA)	COSUMO (m³)	TOTAL (€)
NOV-DIC	18/11/2018 a 20/12/2018	75.966	33	2.876,04	6.570	3.480,01
DIC-ENE	21/12/2018 a 16/01/2019	59.931	29	2.274,13	5.166	2.751,7
ENE-FEB	17/01/2019 a 16/02/2019	75.873	31	2.961,85	6.547	3.583,84
FEB-MAR	17/02/2019 a 19/03/2019	75.213	28	2.936,37	6.494	3.553,73
MAR-ABR	20/03/2019 a 17/04/2019	63.740	29	2.501,15	5.501	3.026,39
ABR-MAY	18/04/2019 a 16/05/2019	41.527	29	1.690,99	3.587	2.046,1
MAY-JUN	17/05/2019 a 14/06/2019	22.926	29	976,35	1.988	1.181,38
JUN-JUL	15/06/2019 a 18/07/2019	13.670	33	639,83	1.181	774,19
JUL-AGO	19/07/2019 a 14/08/2019	7.787	27	404,86	674	489,88
AGO-SEP	15/08/2019 a 16/09/2019	14.979	33	716,41	1.304	866,86
SEP-OCT	17/09/2019a16/10/2019	21.302	29	964,16	1.851	1.166,63
OCT-NOV	17/10/2019 a 20/11/2019	49.591	35	2.205,18	4.319	2.668,27
TOTAL		522.505	365	21.147,32	45.182	25.588,98

Fuente: El Autor

Gráfico 4. Consumo de Gas Piscina Municipal (kWh)



La diferencia de resultados entre la estimación de la demanda energética de los vestuarios de la piscina y del consumo anual de gas natural, radica en que este último toma en cuenta la energía utilizada para climatización de la piscina y calentamiento del vaso. En cuanto a la climatización de la piscina cubierta, es necesario determinar la potencia necesaria para cumplir con las necesidades previstas, de calefacción y ACS.

4.3 Piscina cubierta

4.3.1 Demanda energética Piscina cubierta

A fin de determinar la demanda energética indispensable para la climatización de la piscina, se requiere calcular previamente las pérdidas energéticas, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- Datos Piscina

Días de Funcionamiento	360
Ubicación	Amposta
Altura sobre el Nivel del Mar	8 m
Número de Vasos	2 interiores, 2 exteriores
Superficie Total Cubierta	2.080 m ²
Volumen Total Cubierta	11.814 m ³
Vaso Piscina Principal	25 x 17 x 2 m
Superficie de Lámina	425 m ²
Volumen de Agua	850 m ³
Vaso de Compensación	170 m ³



Vaso Piscina Infantil

8 m x 17 m x 0,90 m

Superficie de Lámina

136 m²

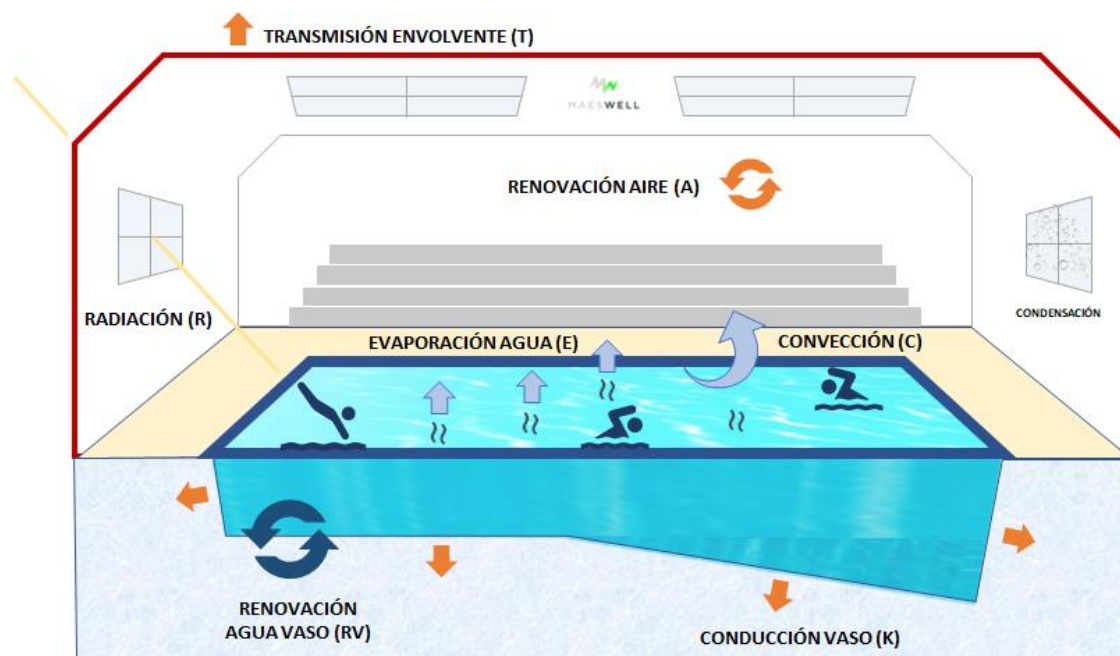


Ilustración 1. Pérdida de Energía en Piscina Climatizada

Volumen de Agua	122,40 m ³
Vaso de Compensación	24,48 m ³
Jacuzzi	1,5 m x 2 m x 1 m
Número de Espectadores	60
Temperatura del Aire del Local	28,50 °C (corregida a 30 °C)
Humedad Relativa del Local	65%

- Datos de Invierno

Temperatura del Agua de Red	10 °C
Temperatura Media del Aire Exterior	5 °C
Humedad Relativa Media del Aire Exterior	90,50 %

- Datos de Verano

Temperatura del Agua de Red	20 °C
Temperatura del Aire Exterior	30 °C
Humedad Relativa del Aire Exterior	50 %

- Puesta en Marcha



Sistema de Puesta en Marcha

Local ventilado con aire sin tratar

Número de Horas

96 horas

En la siguiente tabla, se reflejan las características principales del vaso de la piscina:

Tabla 7. Características de los Vasos Edificio Piscina Municipal

Características principales	Vaso Grande	Vaso Pequeño
Tipo de Vaso	Estándar	estándar
Factor de Forma/Cielo	10%	10%
Longitud	25 m	17 m
Anchura	17 m	8 m
Superficie	425 m ²	128 m ²
Altura	2m	0,90 m
Volumen de Agua	850 m ³	122,4 m ³
Volumen + 20 % Vaso de Compensación	1.020	146,88 m ³
Temperatura Final del Vaso	28 °C	30 °C

Fuente: El Autor

4.3.1.1 CÁLCULO DE LA DESHUMIDIFICACIÓN DEL AIRE

Fórmula de cálculo de las necesidades de des humectación:

Fórmula de Bernier

$$M_e = S \times [(16 + 133n) \times (W_e - G_a \times W_{as})] + 0,1 \times N$$

Donde:

$$M_e = \text{Flujo masico de agua evaporada} \left(\frac{kg}{h} \right)$$

$$S = \text{Superficie de la lámina de agua de la piscina} (m^2)$$

$$W_e = \text{Humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua} \left(kg \frac{ag}{kg_a} \right)$$

$$W_{as} = \text{Humedad absoluta aire saturado a la temperatura del aire interior} \left(kg \frac{ag}{kg_a} \right)$$

$$G_a = \text{Grado de saturación}$$



n = número de nadadores por m^2

N = número total de espectadores

Tabla 8. Valores Humedad Relativa

T °C	Humedad absoluta W (Kg agua/Kg aire)
20	0,0147
21	0,0155
22	0,0165
23	0,0177
24	0,0187
25	0,0200
26	0,0213
27	0,0225
28	0,0240
29	0,0255
30	0,0270

Fuente: RTE

Aplicando la fórmula de Bernier para la superficie total de piscinas $564 m^2$, con 60 espectadores, 65 % HR, aire interior a $30 ^\circ C$, $W_{as} = 0,0270$, temperatura del agua a $28 ^\circ C$, $W_e = 0,0240$ en el caso de y 70 bañistas tenemos:

$$M_e = 528 \times [(16 + 133 * 0,1325) \times (0,0244 - 0,65 \times 0,02594)] + 0,1 \times 60 \frac{kg_{agua}}{h}$$

$$M_e = 124,254 \left(\frac{kg_{agua}}{h} \right)$$

Tabla 9. Cálculo de la Deshumidificación

S	564,000	m^2
N	0,124	bañistas/ m^2
We	0,024	Kg agua/Kg aire
Ga	0,650	-
Was	0,027	Kg agua/Kg aire
N	60,000	personas
Me	124,254	Kg agua/h

Fuente: RTE



4.3.1.2 Pérdidas de calor del vaso

Es necesario obtener datos sobre las pérdidas de calor, para poder sustentar la temperatura del vaso, mediante el siguiente esquema de balance de energía:

$$Q_T = Q_E + Q_R + Q_C + Q_{RE}$$

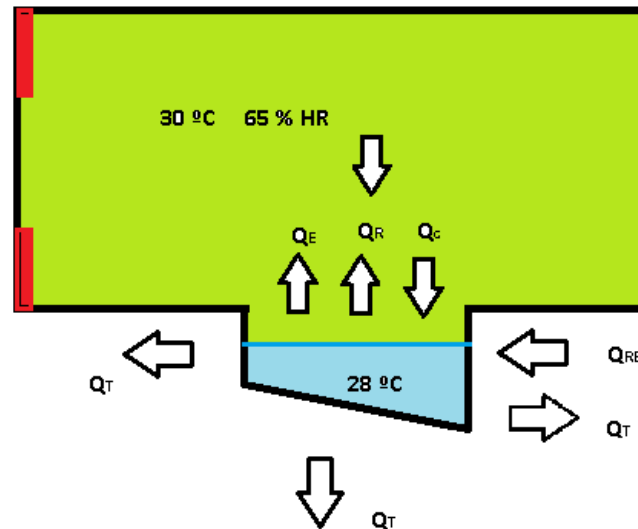


Ilustración 2. Esquema de Aportes y Pérdidas de Calor

Donde:

Q_E = Pérdidas energéticas por evaporación del agua.

Q_R = Pérdidas por radiación de calor.

Q_C = Pérdidas por convección de calor.

Q_{RE} = Pérdidas por renovación de agua.

Q_T = Pérdidas por totales.

4.3.1.2.1 Pérdidas por evaporación

Para calcular estas pérdidas se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_E = S \times (16 + 133 \times n) \times (W_e - G_a \times W_{as}) \times C_{evap}$$

Siendo C_{evap} , calor de evaporación del agua, con un valor de 747,936 Wh/kg, correspondiente a una temperatura de 28 °C.



$$Q_E = 564m^2 \times \left(16 + 133 \times \frac{70}{564}\right) \times \left(0,0240 \frac{kg_{agua}}{kg_{aire}} - 0,65 \times 0,0270 \frac{kg_{agua}}{kg_{aire}}\right) \\ \times 747,936 Wh/kg$$

$$Q_E = 88.446,648 W$$

4.3.1.2.2 Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación de calor de las piscinas se calculan utilizando la fórmula de Stefan-Boltzmann:

$$Q_{rad} = S_{vas} \times \varepsilon_a \times \sigma \times (T_{pisc}^4 - T_{rec}^4)$$

Donde:

$$S_{vas} = \text{Superficies de los vasos de las piscinas} = 564 m^2$$

$$\sigma = \text{Constante de Stefan - Boltzman} = 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$$

$$\varepsilon_a = \text{Emisividad del agua} = 0,95$$

$$T_{pisc} = \text{Temperatura del agua} = 301,15 K$$

$$T_{rec} = \text{Temperatura del recinto} = 303,15 K$$

En este caso:

$$Q_{rad} = 564 m^2 \times 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4 \times 0,95 \times (303,15^4 - 301,15^4)K^4$$

$$Q_{rad} = 6.704,221 W$$

4.3.1.2.3 Pérdidas por convección

Las pérdidas por convección son, al igual que las pérdidas por radiación muy pequeñas, ya que la diferencia de temperaturas es relativamente pequeña. En este caso da a lugar a ganancias en vez de pérdidas, ya que la temperatura del recinto es superior a la del agua.

En este caso:

$$Q_{conv} = S_{vas} \times 0,6246 \times (T_{ag} - T_a)^{4/3}$$

Donde:



$$T_{ag} = \text{Temperatura del vaso} = (28^{\circ}C)$$

$$T_a = \text{Temperatura del aire} = 30^{\circ}C$$

$$S_{vas} = \text{Superficie del vaso} = 564 m^2$$

En este caso:

$$Q_{conv} = 564 m^2 \times 0,6246 \times (|28 - 30|)^{4/3}$$

$$Q_{conv} = 887,676 W$$

4.3.1.2.4 Pérdidas por transmisión de calor

Las pérdidas por transmisión están supeditadas, a la arquitectura de la piscina y al coeficiente de transmisión térmica del material del que está construida.

En este caso:

$$Q_{trans} = S_{cerr,vaso} \times C_t \times (T_{agua} - T_{par})$$

Donde:

$$C_t = \text{Coeficiente de transmisión de paredes} = 1,50 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}C}$$

$$S_{cerr,vaso} = \text{Superficie de cerramiento del vaso} = 774 m^2$$

- Piscina semiolímpica = Perímetro + suelo = 425+168 = 593 m²
- Piscina Infantil = Perímetro + suelo = 136+45 = 181 m²

$$T_{par} = \text{Temperatura de las paredes} = 20,71^{\circ}C$$

$$T_{agua} = \text{Temperatura de la piscina} = 28^{\circ}C$$

En tanto las pérdidas serian:

$$Q_{trans} = 774 m^2 \times 1,50 \times (28 - 20,71)^{\circ}C$$

$$Q_{trans} = 8.461,368 W$$



4.3.1.2.5 Pérdidas por renovación de agua

Las pérdidas por renovación dependen de la temperatura del agua de red, de la temperatura del agua de la piscina, el volumen del vaso de la piscina y la exigencia de renovación de agua del vaso por razones de higiene, del 5% del volumen de agua al día.

$$V_t = \text{Volumen total de las piscinas} = 25 \times 16 \times 2 + 16 \times 8 \times 0,95 = 921,6 \text{ m}^3$$

En este caso para el cálculo tenemos:

$$Q_{ren} = V_{ren} \times \rho_{agua} \times C_e \times (T_{ag} - T_{red})$$

Donde:

$$V_{ren} = (5\% \text{ volumen del vaso}) = 921,6 \times 0,05 = 46,08 \text{ m}^3$$

$$\rho_{agua} = \text{Densidad del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_e = \text{Calor específico del agua} = 1,16 \text{ Wh/kg} \times ^\circ\text{C}$$

$$T_{ag} = \text{Temperatura del agua de la piscina} = 28 ^\circ\text{C}$$

$$T_{red} = \text{Temperatura mínima del agua de la red} = 10 ^\circ\text{C}$$

Del cálculo de pérdidas por renovación diaria de agua obtenemos:

$$Q_{ren,agua} = 46,08 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,16 \text{ Wh/kg} \times ^\circ\text{C} \times (28 - 10) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{ren} = 962.150,400 \text{ Wh}$$

$$Q_{ren,agua/dia} = 962.150,4 \text{ Wh} \times \frac{1}{24} = 40.089,600 \text{ W}$$

4.3.2 Potencia necesaria para la puesta a régimen

Para el cálculo de la potencia necesaria para la puesta en marcha, hacemos uso de la siguiente expresión matemática:

$$Q_{regimen} = \frac{V_t \times \rho_{agua} \times C_e \times (T_{ag} - T_{red})}{t}$$

Donde:



$$V_t = \text{Volumen total de las piscinas} = 25 \times 17 \times 2 + 17 \times 8 \times 0,90 = 972,4 \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{agua}} = \text{Densidad del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_e = \text{Calor específico del agua} = 1,16 \text{ Wh/kg} \times ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{ag}} = \text{Temperatura del agua de la piscina} = 28 ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{red}} = \text{Temperatura mínima del agua de la red} = 10 ^\circ\text{C}$$

$$t = \text{Tiempo de puesta en régimen} = 96 \text{ h}$$

El resultado es el siguiente:

$$Q_{\text{régimen}} = \frac{972,4 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,16 \text{ Wh/kg} \times ^\circ\text{C} \times (28 - 10) ^\circ\text{C}}{96 \text{ h}}$$

$$Q_{\text{régimen}} = 211.497,00 \text{ W}$$

4.3.3 Cálculo del calentamiento de ACS

Para realizar este cálculo se han tomado los valores exigidos por el CTE, en el apartado que define la calidad de suministro (DB HS: Salubridad).

Caudal (ACS):

- | | |
|---------------|-----------|
| • Lavamanos | 0,03 l/s |
| • Duchas | 0,1 l/s |
| • Inodoros | 0,065 l/s |
| • Lavabo bidé | 0,065 l/s |

En la instalación se encuentran los siguientes elementos:

- 20 duchas
- 2 urinarios
- 6 inodoros
- 6 lavamanos
- 2 lavabo bidé

La temperatura mínima de red: 10 °C



La temperatura del agua: 40 °C

El cálculo de la transferencia de calor será:

$$Q_{ACS} = \dot{m} \times C_e (T_{ACS} - T_{RED})$$
$$Q_{ACS} = 1,2 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kg \times ^\circ C} (40 - 10) ^\circ C$$
$$Q_{ACS} = 150,48 kW$$

4.3.4 Acondicionamiento del aire

Para calcular la demanda energética debida a la climatización del recinto, se calculan las cargas para el aire, mediante un método simplificado.

4.3.4.1 Pérdidas de calor por cerramientos

La expresión de cálculo de la transmisión de calor por las paredes se obtiene de la ecuación de transferencia de energía por conducción, en el caso unidimensional:

$$Q_{cerr} = K \times S \times (T_{int} - T_{ext})$$

Donde:

K = Coeficiente de conductividad térmica de las paredes ($W/m^2 \times K$)

S = Superficie del cerramiento (m^2)

$T_{int} - T_{ext}$ = Diferencia de temperaturas (K)

En este caso:

- Muro N- O

Características:

Área = 125,4 m²

Temperatura exterior = 5 °C = 278,15 K

Temperatura interior = 28 °C = 301,15 K

Conductividad térmica (K) hormigón ligero y lucido = 1,3423 W/m²K



$$Q_{cerr,1} = 1,3423 \text{ W/m}^2\text{K} \times 125,4 \text{ m}^2 \times (301,15 - 278,15)\text{K}$$

$$Q_{cerr,1} = 3.871,462 \text{ W}$$

- Muro N-E

Características:

$$\text{Área} = 132 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura exterior} = 5 \text{ °C} = 278,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatura interior} = 28 \text{ °C} = 301,15 \text{ K}$$

Conductividad térmica (K) vidrio (30%), hormigón ligero y lucido (70%) ligero y lucido = 2,323 W/m²K y 1,3423 W/m²K respectivamente.

$$Q_{cerr,2} = 0,30 \times 2,323 \text{ W/m}^2\text{K} \times 132 \text{ m}^2 (301,15 - 278,15)\text{K} \\ + 0,70 \times 1,3423 \text{ W/m}^2\text{K} \times 132 \text{ m}^2 \times (301,15 - 278,15)\text{K}$$

$$Q_{cerr,2} = 4.968,444 \text{ W}$$

- Muro S-E

Características:

$$\text{Área} = 125,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura exterior} = 5 \text{ °C} = 278,15 \text{ K}$$

$$\text{Temperatura interior} = 28 \text{ °C} = 301,15 \text{ K}$$

Conductividad térmica (K) vidrio (25%), hormigón ligero y lucido (75%) ligero y lucido = 2,323 W/m²K y 1,3423 W/m²K respectivamente.

$$Q_{cerr,3} = 0,25 \times 2,323 \text{ W/m}^2\text{K} \times 125,4 \text{ m}^2 (301,15 - 278,15)\text{K} \\ + 0,75 \times 1,3423 \text{ W/m}^2\text{K} \times 125,4 \text{ m}^2 \times (301,15 - 278,15)\text{K}$$

$$Q_{cerr,3} = 4.578,595 \text{ W}$$

- Muro S-O

Características:

$$\text{Área} = 352 \text{ m}^2$$

$$\text{Temperatura exterior} = 5 \text{ °C} = 278,15 \text{ K}$$



Temperatura interior = 28 °C = 301,15 K

Conductividad térmica (K), vidrio (15%), hormigón ligero y lucido (85%) = 2,323 W/m²K y 1,3423 W/m²K respectivamente.

$$Q_{cerr,4} = 0,15 \times 2,323 \frac{W}{m^2 K} \times 352 m^2 (301,15 - 278,15) K \\ + 0,85 \times 1,3423 \frac{W}{m^2 K} \times 352 m^2 \times (301,15 - 278,15) K$$

$$Q_{cerr,4} = 12.058,223 W$$

- Cubierta

Características:

Área = 1151,4 m²

Temperatura exterior = 5 °C = 278,15 K

Temperatura interior = 28 °C = 301,15 K

Conductividad térmica (K), vidrio (25%), paneles prefabricados aislantes (75%) = 2,323 W/m²K y 0,3162 W/m²K respectivamente.

$$Q_{cerr,5} = 0,25 \times 2,323 \frac{W}{m^2 K} \times 1151,4 m^2 (301,15 - 278,15) K \\ + 0,75 \times 0,3162 \frac{W}{m^2 K} \times 1151,4 m^2 \times (301,15 - 278,15) K$$

$$Q_{cerr,4} = 21.659,791 W$$

4.3.4.2 Pérdidas por ventilación

Las pérdidas por renovación del aire se pueden calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{reno,aire} = q \times \rho_{aire} \times C_{e,aire} \times (T_{interior} - T_{exterior}) \times N$$

Donde:

$$q = \text{Caudal de aire por persona} = 36 \frac{m^3}{h} \times \text{persona}$$

N = Número total de personas (bañistas y espectadores) = 130 personas

$T_{exterior}$ = Temperatura del exterior = 1 °C (Máx. diferencia de temperatura)

$T_{interior}$ = Temperatura del interior de la instalación = 28 °C



$$\rho_{aire} = \text{Densidad del aire} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{e,aire} = \text{Calor específico del aire} = 1010 \frac{J}{kg^{\circ}C}$$

Caudal mínimo de aire exterior a introducir:

$$Q_{min} = 2,5 \text{ dm}^3/s \times m^2 \times 500 \text{ m}^2 = 1225 \text{ dm}^3/s = 4500 \text{ m}^3/s$$

$$Q_{reno,aire} = 35 \frac{m^3}{h} \times pers. \times \frac{1,2kg}{m^3} \times 1010 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (28 - 1)^{\circ}C \times 130pers./3600s$$

$$Q_{reno,aire} = 41.359,500 \text{ W}$$

4.3.5 Resultados técnicos

Seguidamente se presenta resumen de los resultados técnicos obtenidos (Tabla 10) a través de la aplicación de las fórmulas anteriores.

- Des humectación:
- Necesidades de des humectación total: 124,254 kg/h
- Aire exterior total de renovación: 4500,00 m³/s
- Potencia necesaria durante puesta en marcha 211,497 kW
- Potencia para mantenimiento 144,589 kW
- Potencia ACS 150,48 kW

4.3.6 Resumen del cálculo de pérdidas

Tabla 570. Resultados del Cálculo de Pérdidas en la Piscina Climatizada (W)

PÉRDIDAS	POTENCIA (W)
Evaporación	88.446,65
Radiación	6704,221
Convección	887,676
Renovación Agua	40.089,60
Transmisión	8.461,37
Potencia Mantenimiento	144.589,51
Potencia Puesta Régimen	211.497,00
Cerramiento 1	3.871,46
Cerramiento 2	4.968,44
Cerramiento 3	4.578,60
Cerramiento 4	12.508,22
Cerramiento 5	21.659,79
Renovación Aire	41.359,50

Fuente: El Autor



4.4 Residencia deportiva

4.4.1 Demanda energética Residencia Deportiva

Se realiza una estimación de la demanda energética, basado en la cantidad de usuarios que utilizan a diario las instalaciones, a continuación, se detalla la estimación mensual de usuarios de la residencia:

Tabla 11. Número de Usuarios Residencia Deportiva

Residencia	
Trabajadores	4
Alumnos Pensión Completa	15
Alumnos Régimen de Comedor	35
Alumnos Externos	40
Total	94

Fuente: El Autor

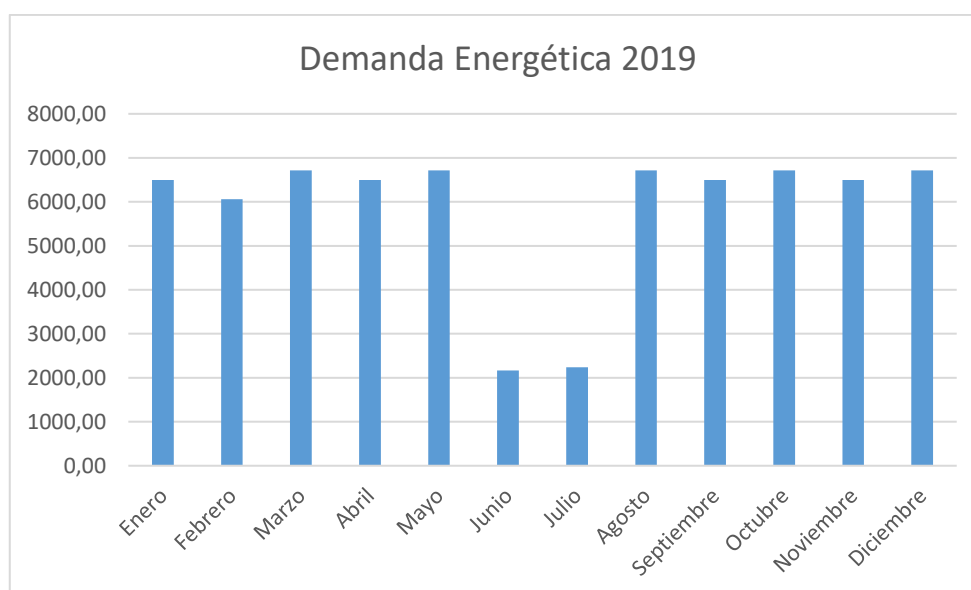
En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética de Residencia Deportiva acompañada con su gráfico correspondiente (Gráfico 5).

Tabla 12. Estimación Demanda Energética Residencia Deportiva (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Febrero	1.512	104.328	10	50	5.216.400	6.062,60
Marzo	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Abril	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Mayo	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Junio	540	37.260	10	50	1.863.000	2.165,22
Julio	558	38.502	10	50	1.925.100	2.237,39
Agosto	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Septiembre	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Octubre	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Noviembre	1.620	111.780	10	50	5.589.000	6.495,65
Diciembre	1.674	115.506	10	50	5.775.300	6.712,17
Total, Anual	17.460	1.204.740			60.237.000	70.008,65
Media diaria	47,84	3.300,66			165.032,88	191,80

Fuente: El Autor

Gráfico 5. Demanda Energética Residencia Deportiva (kWh)



4.4.2 Consumo de gas Residencia Deportiva

Se relacionan las facturas por consumo de gas del año 2019, tal como se detallan en las Tablas 13 y 14, anexando gráfico para su mejor visualización (Gráfico 6)

Tabla 13. Consumos de Gas Residencia (kWh)

	Periodo	Consumo (kWh)	Días	Importe (Sin IVA)	Consumo (m³)	Total (€)
Dic-Ene	01/12/2018 a 29/01/2019	11.982	60	597,34	1.036	722,78
Feb-Mar	30/01/2019 a 28/03/2019	13.537	58	694,44	1.170	840,27
Abr-May	29/03/2019 a 30/05/2019	11.506	63	552,9	963	669,01
Jun-Jul	31/05/2019 a 01/08/2019	3297	63	190,04	287	229,95
Ag-Sept	02/08/2019 a 03/10/2019	13.173	63	682,83	1.153	826,22
Oct-Nov	04/10/2019 a 04/12/2019	15.973	62	898,63	1.397	1.087,34
Total		69.468	369	3.616,18	6.006	4.375,57

Fuente: El Autor

A continuación, un histórico anual del consumo de gas del edificio, en el cual se comprueba el aumento del consumo a través de los años. El consumo de gas ha aumentado 4 veces en relación al consumo del año 2015 y comparado con el año 2018.

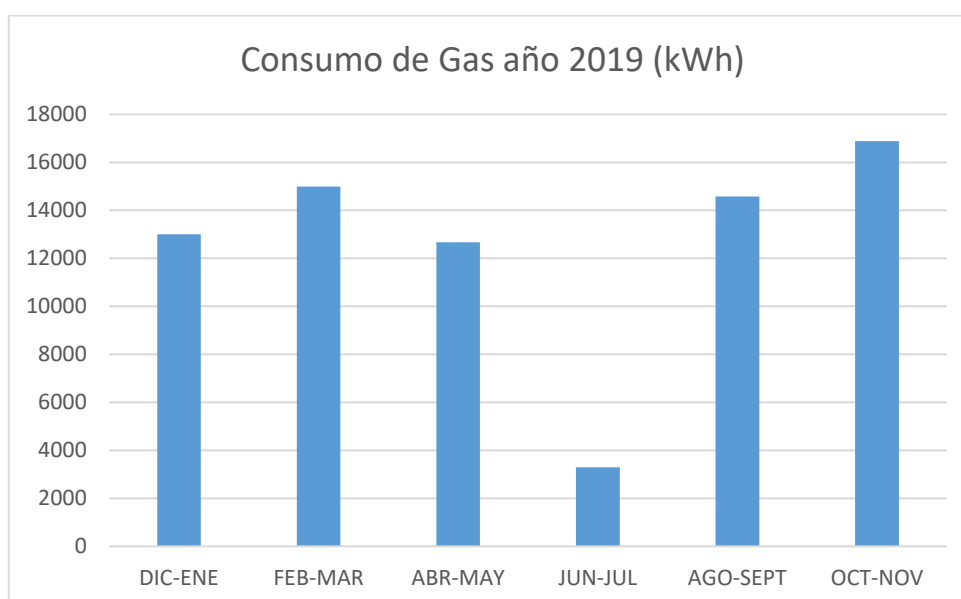


Tabla 14. Consumo de Gas Residencia Deportiva (kWh)

	Gas Natural		
	2013	2014	2015
Consumo Anual (kWh)	8.527	23.990	14.379,45
Gasto Anual (€)	798,48	1.081,33	1.090,95
Precio de la Energía (€/kWh)	0,094	0,077	0,076
Consumo por Superficie (kWh/m ²)	4,11	6,74	6,93
Número de Usuarios por día	54	54	54
Consumo por Usuario (kWh/usuario)	157,91	259,07	266,29
Gasto / Superficie (€/m ²)	0,38	0,52	0,53
Gasto /Usuario (€/usuario)	14,79	20,02	20,2

Fuente: El Autor

Gráfico 6. Consumo de Gas Residencia Deportiva (kWh)



4.5 Edificio Pabellón 1

4.5.1 Demanda energética Pabellón 1

A continuación, se presenta la siguiente tabla, que muestra la estimación de la demanda energética de los edificios: Pabellón 1, Anexo y Pabellón 2, basado en la cantidad de usuarios que utilizan a diario las instalaciones, acompañada de su gráfico (Gráfico 7).

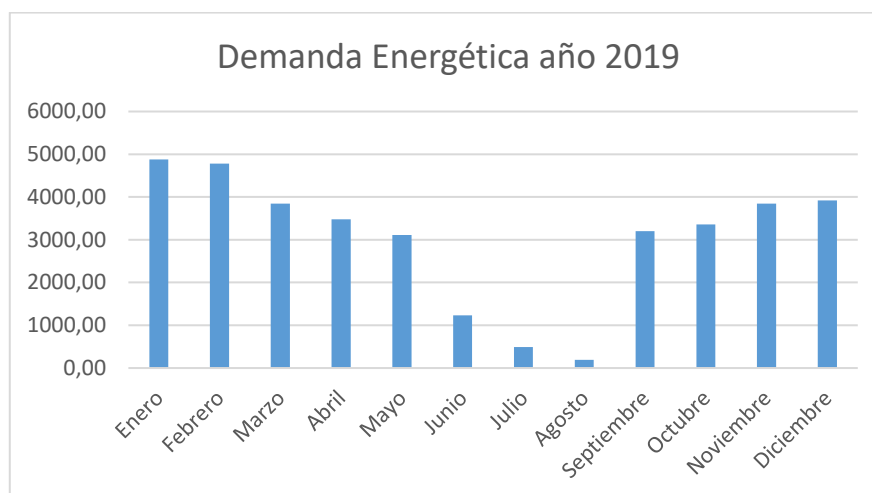


Tabla 15. Estimación Demanda Energética Pabellón 1 (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4.002,69
Febrero	3.000	63.000	10	50	3.150.000	3.660,99
Marzo	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4.002,69
Abril	4.000	84.000	10	50	4.200.000	4.881,32
Mayo	4.000	84.000	10	50	4.200.000	4.881,32
Junio	1.200	25.200	10	50	1.260.000	1.464,40
Julio	1.000	21.000	10	50	1.050.000	1.220,33
Agosto	200	4.200	10	50	210.000	244,07
Septiembre	250	5.250	10	50	262.500	305,08
Octubre	2.800	58.800	10	50	2.940.000	3.416,93
Noviembre	2.500	52.500	10	50	2.625.000	3.050,83
Diciembre	3.280	68.880	10	50	3.444.000	4.002,69
Total, Anual	28.790	604.590			30.229.500	35.133,33
Media diaria	78,88	1.656,41			82.820,55	96,26

Fuente: El Autor

Gráfico 7. Demanda Energética Pabellón 1 (kWh)



4.5.2 Consumo de gas Pabellón 1

La tabla siguiente, refiere los datos de las facturas por consumo de gas del año 2019, presentando posteriormente su gráfico (Gráfico 8).

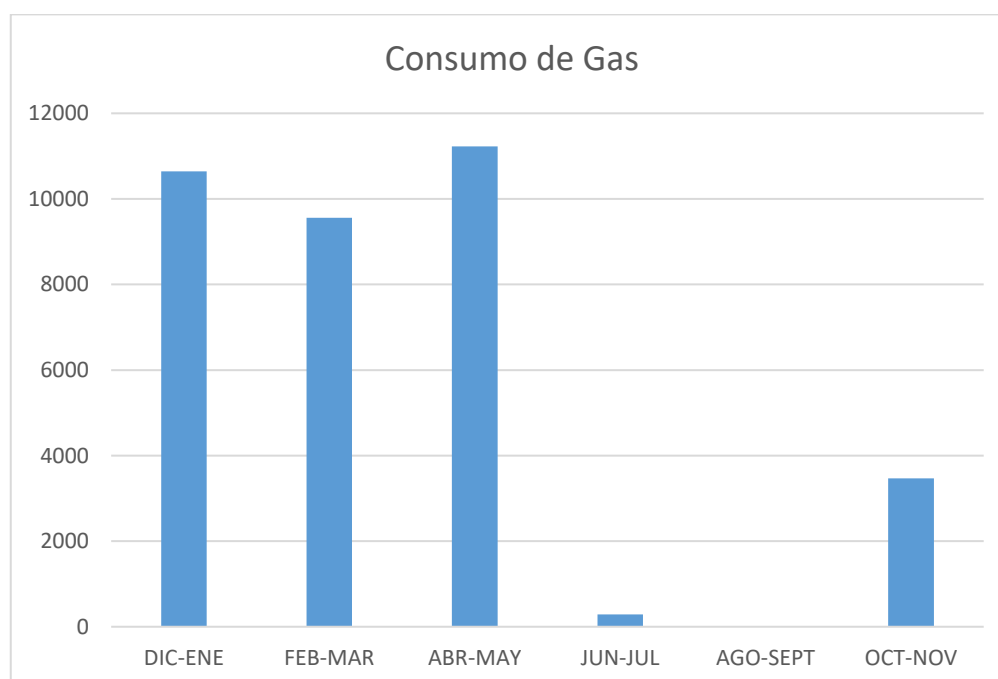


Tabla 16. Consumo de Gas Pabellón 1 (kWh)

	Periodo	Consumo (kWh)	Días	Importe (Sin IVA)	Consumo (m³)	TOTAL (€)
Dic-Ene	01/12/2018 a 29/01/2019	10.641	60	522,25	920	631,92
Feb-Mar	30/01/2019 a 28/03/2019	9.557	57	487,22	826	589,54
Abr-May	29/03/2019 a 30/05/2019	11.228	62	548,53	978	663,72
Jun-Jul	31/05/2019 a 01/08/2019	287	62	32,58	25	39,42
AG-Sept	02/08/2019 a 03/10/2019	0	62	18,74	0	22,68
Oct-Nov	04/10/2019 a 04/12/2019	3.465	62	206,71	303	250,12
TOTAL		35.178	365	1.816,03	3.052	2.197,40

Fuente: El Autor

Gráfico 8. Consumo de Gas Pabellón 1 (kWh)





4.6 Vestuarios pistas de Fútbol sala

4.6.1 Demanda energética Pistas de Fútbol sala

En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda energética del edificio, teniendo en cuenta la cantidad de usuarios diarios de las instalaciones:

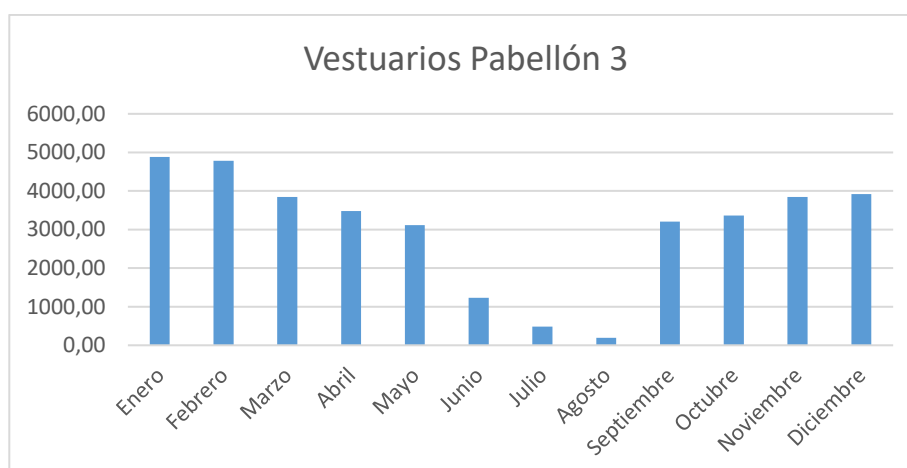
Tabla 17. Estimación Demanda Energética Vestuarios Pistas de Fútbol Sala (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS	Temperatura	Salto térmico	Demanda Energética	Demanda Energética
		(Litros)		(ΔT)	(Kcal)	(kWh)
Enero	7.088	148.848	10	50	7.442.400	8.649,71
Febrero	6.400	134.400	10	50	6.720.000	7.810,12
Marzo	7.088	148.848	10	50	7.442.400	8.649,71
Abril	6.848	143.808	10	50	7.190.400	8.356,83
Mayo	7.088	148.848	10	50	7.442.400	8.649,71
Junio	4.200	88.200	10	50	4.410.000	5.125,39
Julio	2.215	46.515	10	50	2.325.750	2.703,03
Agosto	2.215	46.515	10	50	2.325.750	2.703,03
Septiembre	4.200	88.200	10	50	4.410.000	5.125,39
Octubre	7.088	148.848	10	50	7.442.400	8.649,71
Noviembre	6.848	143.808	10	50	7.190.400	8.356,83
Diciembre	6.848	143.808	10	50	7.190.400	8.356,83
Total, Anual	68.126	1.430.646			71.532.300	83.136,27
Media diaria	186,65	3.919,58			195.978,90	227,77

Fuente: El Autor

A continuación, gráfico de la demanda energética mensual, del equipamiento, en el año 2019:

Gráfico 9. Demanda Energética Vestuarios (kWh)



4.7 Pabellón de escalada

4.7.1 Demanda energética Pabellón de escalada

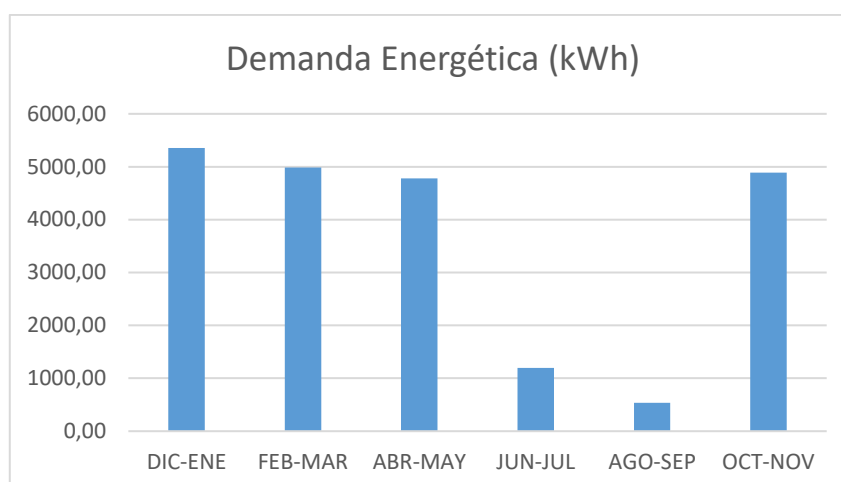
En la siguiente tabla, se resumen los resultados de la estimación de la demanda:

Tabla 18. Estimación Demanda Energética Pabellón de Escalada (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	2.215	46.515	10	50	2.325.750	2703,03
Febrero	2.000	42.000	11	49	2.058.000	2391,85
Marzo	2.215	46.515	12	48	2.232.720	2594,91
Abril	2.140	44.940	14	46	2.067.240	2402,59
Mayo	2.215	46.515	16	44	2.046.660	2378,67
Junio	642	13.482	18	42	566.244	658,10
Julio	554	11.629	20	40	465.150	540,61
Agosto	222	4.652	20	40	186.060	216,24
Septiembre	321	6.741	19	41	276.381	321,22
Octubre	2.215	46.515	16	44	2.046.660	2378,67
Noviembre	2.140	44.940	12	48	2.157.120	2507,05
Diciembre	2.215	46.515	11	49	2.279.235	2648,97
Total, Anual	19.093,25	400.958,25			18.707.220	21.741,91
Media diaria	52,31	1098,52			51.252,66	59,57

Fuente: El Autor

Gráfico 10. Demanda Energética Pabellón de Escalada (kWh)



4.8 Pabellón de Atletismo

4.8.1 Demanda energética Pabellón de Atletismo

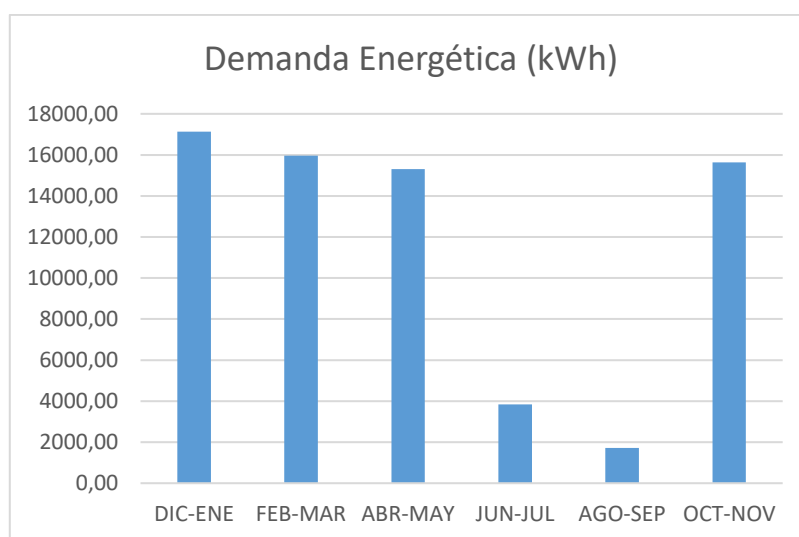
El Pabellón de Atletismo tiene estimado una demanda energética tal como se muestra en la tabla presentada a continuación.

Tabla 19. Estimación Demanda Energética Pabellón de Atletismo (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS	Temperatura	Salto térmico	Demanda Energética	Demanda Energética
		(Litros)		(ΔT)	(Kcal)	(kWh)
Enero	7.088,00	148.848,00	10,00	50,00	7.442.400,00	8.649,71
Febrero	6.400,00	134.400,00	11,00	49,00	6.585.600,00	7.653,92
Marzo	7.088,00	148.848,00	12,00	48,00	7.144.704,00	8.303,72
Abril	6.848,00	143.808,00	14,00	46,00	6.615.168,00	7.688,28
Mayo	7.088,00	148.848,00	16,00	44,00	6.549.312,00	7.611,74
Junio	2.054,40	43.142,40	18,00	42,00	1.811.980,80	2.105,92
Julio	1.772,00	37.212,00	20,00	40,00	1.488.480,00	1.729,94
Agosto	708,80	14.884,80	20,00	40,00	595.392,00	691,98
Septiembre	1.027,20	21.571,20	19,00	41,00	884.419,20	1.027,89
Octubre	7.088,00	148.848,00	16,00	44,00	6.549.312,00	7.611,74
Noviembre	6.848,00	143.808,00	12,00	48,00	6.902.784,00	8.022,55
Diciembre	7.088,00	148.848,00	11,00	49,00	7.293.552,00	8.476,71
Total, Anual	61.098,40	1.283.066,40			59.863.104,00	69.574,10
Media diaria	167,39	3.515,25			164.008,50	190,61

Fuente: El Autor

Gráfico 11. Estimación Demanda Energética Pabellón de Atletismo (kWh)



4.9 Pabellón Pav-2

4.9.1 Demanda energética Pav-2

Para el pabellón Pav-2, se estima una Demanda Energética, tal como se muestra en la tabla y gráfico presentado a continuación.

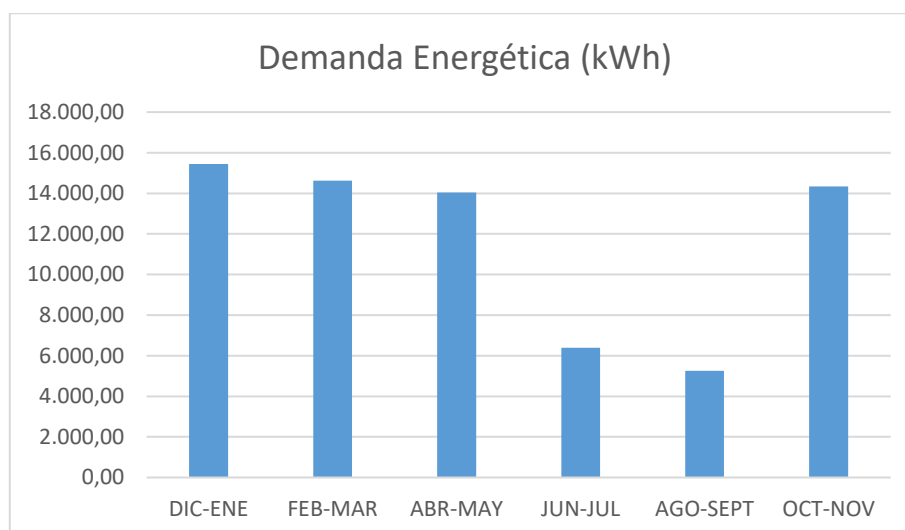
Tabla 20. Estimación Demanda de ACS Nuevo Pabellón PAV-2 (kWh)

	Usuarios	Consumo ACS (Litros)	Temperatura	Salto térmico (ΔT)	Demanda Energética (Kcal)	Demanda Energética (kWh)
Enero	6.600,00	132.000,00	10,00	50,00	6.600.000,00	7.670,65
Febrero	6.160,00	123.200,00	11,00	49,00	6.036.800,00	7.016,09
Marzo	6.820,00	136.400,00	12,00	48,00	6.547.200,00	7.609,29
Abril	6.600,00	132.000,00	14,00	46,00	6.072.000,00	7.057,00
Mayo	6.820,00	136.400,00	16,00	44,00	6.001.600,00	6.975,18
Junio	3.300,00	66.000,00	18,00	42,00	2.772.000,00	3.221,67
Julio	3.410,00	68.200,00	20,00	40,00	2.728.000,00	3.170,54
Agosto	2.273,33	45.466,67	20,00	40,00	1.818.666,67	2.113,69
Septiembre	3.300,00	66.000,00	19,00	41,00	2.706.000,00	3.144,97
Octubre	6.820,00	136.400,00	16,00	44,00	6.001.600,00	6.975,18
Noviembre	6.600,00	132.000,00	12,00	48,00	6.336.000,00	7.363,83
Diciembre	6.820,00	136.400,00	11,00	49,00	6.683.600,00	7.767,81
Total, Anual	65.523,33	1.310.466,67			60.303.466,67	70.085,90
Media diaria	179,52	3.590,32			165.214,98	192,02

Fuente: El Autor



Gráfico 12. Estimación Demanda Energética PAV-2 (KWh)



5. Resumen Demanda Energética Total

El resultado final, del cálculo de la demanda energética total de los equipamientos se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 21. Resumen Total Demanda Energética de los Edificios (KWh)

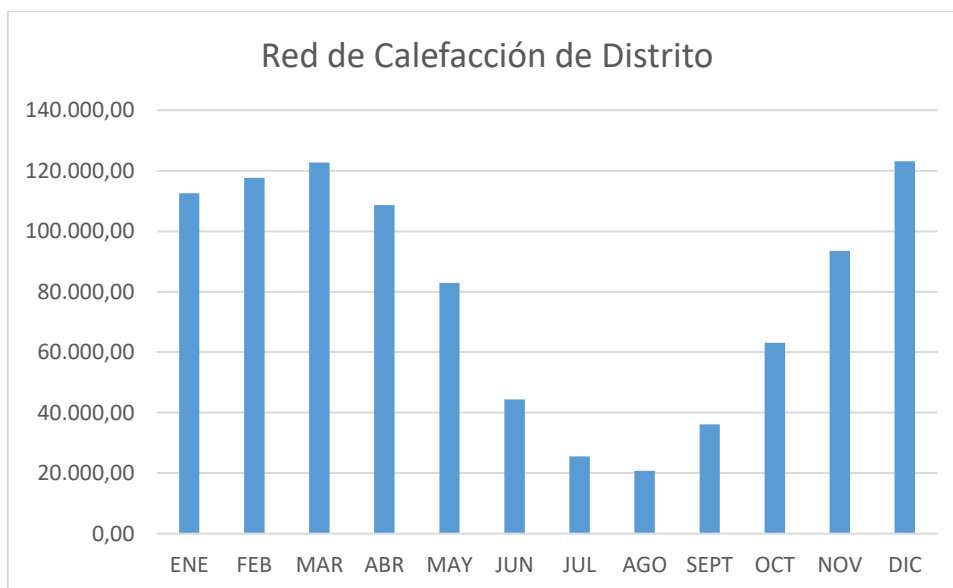
	Campo de Fútbol	Piscina	Residencia	Pav-2	Pabellón 1	Pabellón 3	Atletismo	Escalada	TOTAL (KWh)
ENE	11.879,00	59.931,00	5.795,00	7.670,65	5.147,00	8.649,71	8.649,71	4.865,46	112.587,52
FEB	3.617,00	75.873,00	6.768,50	7.016,09	4.778,50	7.653,92	7.653,92	4.305,33	117.666,25
MAR	7.014,00	75.213,00	6.768,50	7.609,29	4.778,50	8.303,72	8.303,72	4.670,84	122.661,56
ABR	7.014,00	63.740,00	5.528,00	7.057,00	5.614,00	7.688,28	7.688,28	4.324,66	108.654,22
MAY	3.753,00	41.527,00	5.528,00	6.975,18	5.614,00	7.611,74	7.611,74	4.281,60	82.902,27
JUN	9.381,00	22.926,00	1.620,00	3.221,67	138,00	4.305,33	2.105,92	658,10	44.356,02
JUL	2.422,00	13.670,00	1.677,00	3.170,54	149,00	2.162,43	1.729,94	540,61	25.521,51
AGO	904,00	7.787,00	6.856,00	2.113,69	0,00	2.162,43	691,98	216,24	20.731,34
SEPT	5.584,00	14.979,00	6.856,00	3.144,97	0,00	4.202,82	1.027,89	321,22	36.115,89
OCT	5.584,00	21.302,00	7.986,50	6.975,18	1.732,50	7.611,74	7.611,74	4.281,60	63.085,27
NOV	6.303,50	49.591,00	7.986,50	7.363,83	1.732,50	8.022,55	8.022,55	4.512,69	93.535,12
DIC	6.303,50	75.996,00	6.187,00	7.767,81	5.494,00	8.189,69	8.476,71	4.768,15	123.182,87
TOTAL (KWh)	69.759,00	522.535,00	69.557,00	70.085,90	35.178,00	76.564,35	69.574,10	37.746,50	950.999,84

Fuente: El Autor

En la siguiente gráfica se describe la demanda total anual de energía en el sistema.



Gráfico 13. Demanda Energética Total del Sistema (KWh)





ANEJO II

ESTUDIO DE CARGA TÉRMICA DEL EDIFICIO PAV-2



Índice

1	Introducción	154
2	Objeto	154
3	Emplazamiento	154
4	Uso del local	154
5	Ocupación máxima	154
6	Horario de cierre y apertura	154
7	Descripción del edificio	154
8	Orientación	155
9	Locales sin climatizar	155
10	Descripción de cerramientos	155
10.1	Estructura y techo	155
10.2	Cerramiento de fachadas	156
10.3	Cubiertas	156
10.4	Divisiones interiores	156
10.5	Revestimientos	157
10.6	Carpintería interior	157
10.7	Carpintería exterior	157
10.8	Cristalería	157
10.9	Instalaciones de fontanería y ventilación	158
10.10	Instalaciones de alumbrado	158
11	Determinación de horarios de ocupación	159
12	Condiciones exteriores de cálculo	160
13	Condiciones interiores de cálculo	160
13.1	Ventilación de los locales	161
14	Descripción del sistema elegido	161
15	Metodología de cálculo	162
15.1	Ganancia térmica instantánea	162
15.2	Transmisión de paredes y techos	163
15.3	Transmisión excepto en paredes o techos	164
		153



15.3.1	Cerramientos al interior	164
15.3.2	Acristalamientos en exterior	164
15.3.3	Puertas exteriores	165
16	Calor interno generado	165
16.1	Ocupación	165
16.2	Alumbrado	165
16.3	Aparatos eléctricos	166
16.4	Aparatos térmicos	166
17	Aire exterior	167
18	Cargas de refrigeración	168
19	Cálculos finales	168
19.1	Calefacción	168
19.2	Cálculo de la potencia de la caldera	170



1. Introducción

En el presente documento, se redacta el estudio de carga térmica del edificio Pav-2 del “Proyecto de implantación de una red District Heating de Biomasa para abastecimiento de servicios de calefacción y ACS del centro de tecnificación deportiva de la ciudad de Amposta”

2. Objeto

El objetivo principal de este análisis es:

- Realizar un estudio de la demanda energética de los edificios, para el posterior cálculo de la potencia de las unidades de producción central.
- Analizar las posibles deficiencias de energía térmica en edificios deportivos y solventarlas.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de solicitud de subvenciones para proyectos de redes de distribución de energía térmica con equipamientos de biomasa, cofinanciadas por el fondo europeo de desarrollo regional.

3. Emplazamiento

La parcela donde se construirá la edificación está situada al centro de Amposta en la calle Francia S/N, se trata de un terreno rectangular, que ocupa una superficie de 64.059 m². El espacio deportivo tendrá unas dimensiones de 44,00 x 27,00 m², cuenta con 6 vestidores, con una superficie de 451,60 m² con posibilidad de acceso para los estudiantes de la residencia.

4. Uso del local

El local será de uso exclusivo para instalaciones deportivas.

5. Ocupación máxima

Ocupación del Local: 15 % (Documento Básico de Seguridad CTE, SI3).

Vestuarios: 80-96 Personas

6. Horario de cierre y apertura

De Lunes a Sábados, en horario comprendido desde las 8:00 a 18:00 horas.

7. Descripción del edificio

La superficie útil total del edificio es de 2.092,24 m². La distribución del local y sus superficies útiles vienen indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 1. Superficie Útil Edificio Nuevo Pabellón PAV-2 (m²).

Local	Superficie (m ²)
Pista	1.183,10
Acceso y Vestíbulo	91,44
Ascensor	3,23
Control de Accesos	11,25
Instalaciones Técnicas	31,87
Limpieza	3,28



Accesos Vestidores	119,26
Botiquín	8,66
Almacén de Material	67,04
Vestidores Colectivos	81,76
Vestidores Grupos	75,34
Vestidores Complementarios	69,06
Vestidores de Técnicos y Árbitros	16,74
Servicios de la Pista	7,08
Vestíbulo Superior	18,30
Pórtico Entrada desde el IES	2,67
Pórtico Entrada desde la Pista Exterior	7,64
Pórtico Entrada desde Calle Italia	19,81
Escala	18,03
Graderías	191,80
Escalas de Emergencia	20,05
Instalaciones Técnicas Servicio Limpieza	7,27
Servicios para el Público	37,56
Total	2.092,24

Fuente: El Autor

8. Orientación

La fachada exterior del edificio presenta cuatro (4) orientaciones diferentes. La que corresponde al acceso principal está orientada al noroeste y la otra fachada se encuentra paralela al suroeste. Las dos (2) restantes al noreste y al sureste respectivamente.

9. Locales sin climatizar

Esta sección se corresponde para aquellos locales que normalmente no son habitados, tales como escaleras, aseos, zonas de paso, archivo, aparcamientos y cuartos de instalaciones, los cuales serán excluidos de cualquier tipo de climatización, cumpliendo con lo indicado en el CTE.

10. Descripción de cerramientos

En lo que respecta a este apartado, el ayuntamiento proporcionó los planos del edificio, los datos de los recintos, puertas y ventanas, cuyas características y materiales se detallan en el presente documento.

10.1 Estructura y techo

Se proyecta una estructura modulada con una combinación de acero y hormigón armado totalmente a la vista y registrable, cumpliendo las Normas del Código Técnico de Edificación.

- La estructura de forjado, de placas alveolares de canto 20 ± 5 cm de capa de compresión, con pilares metálicos en espacios complementarios. Altura libre superior a 3,00 m.
- Gradas y escalas de hormigón prefabricado. Altura máxima de la primera grada 2,25 m, que en ningún caso podrá superar la mitad de la distancia entre la grada y la línea más cercana de los marcajes principales (4,50 m).
- La estructura de la pista será metálica con pilares, cerchas, contravientos y vigas riostras con acero S275JR, altura libre 8,65 m.



10.2 Cerramiento de fachadas

- EL cierre de fachadas se realizará con paneles conformados de hormigón prefabricado de 20,00 cm y de 12,00 cm de espesor, con aislamiento de placas de poliestireno expandido de 10,00 cm y anchura máxima 13,00 m y 2,40 m de altura. Todos con acabado de hormigón liso revestido con pintura color gris oscura, anti-carbonatación de alta protección y durabilidad, cumpliendo este tipo de cierre con la normativa del CTE.
- Dinteles y barandillas de las ventanas de aluminio del mismo color RAL 9006 que la madera y en algunos casos de chapa galvanizada lacada, todo estanco e inalterable a las acciones climáticas.

10.3 Cubiertas

- La cubierta del cuerpo de servicio será plana, invertida no transitable, acabada con grava de tipo pallet de riera lavada, encima la tela de protección, la impermeabilización con láminas bituminosas armadas termo sellada, pendiente de formación celular y aislamiento térmico con placas de poliestireno extruido de 80,00 mm. La parte de salida de emergencia será transitable.
- La cubierta tendrá claraboyas parabólicas bivalvas de metacrilato, practicables con husillo para ventilación natural de la zona de vestidores.
- La cubierta de pista del tipo Deck, con inclinación del 2%, de doble chapa metálica lacada, con aislamiento interior de manta de lana de roca de 6,00 cm de grosor.
- La recolección y conducción de aguas de cubierta tendrán el correspondiente rebosadero.
- La cubierta contendrá la instalación de captación de energía solar.
- Todas las cubiertas serán resistentes a los impactos y a la luz solar.

10.4 Divisiones interiores

- Paredes interiores no visibles de 15,00 cm de bloque de mortero de cemento de 15x40x20 cm colocado con mortero M40/A.
- Todas las divisorias interiores serán de panel fenólico de 13,00 mm con herrajes y estructura de acero inoxidable.
- Los paramentos verticales de las zonas de vestidores están compuestos por divisorias de panel fenólico, que no tocan el pavimento y que evitan en diferentes puntos la acumulación de desperdicios y facilita la limpieza.
- Los paramentos perimetrales de bloque de hormigón y revestimiento de chapa se redondearán a un radio no inferior de 2,50 cm. Dentro de los vestidores estarán separadas



del suelo 15,00 cm, con perfil grande de inoxidable y altura total de 2,00 m y entre los diferentes usos tocarán el suelo hasta la viga del techo a 3,00 m con perfil pequeño de acero inoxidable para facilitar las tareas de limpieza.

10.5 Revestimientos

- EL revestimiento del pasillo de acceso a los vestidores, aseos públicos y control de accesos se realizará con chapa ondulada de acero galvanizada lacado color RAL9006.
- Revestimiento-sócalo de panel microperforado de 19,00 mm de espesor (altura 2,25 m) de los paramentos verticales que envuelven la pista, sin aristas y el de los accesos de los vestidores con paneles fenólicos de 13,00 mm de espesor, colocados con tornillos redondeados, pintado con pintura intumescente de los elementos estructurales metálicos vistos color blanco para asegurar la resistencia al fuego R-30 y R-90.
- Los paramentos no revestidos irán con pintura lavable hasta una altura de 1,20 m como mínimo, los cantos irán redondeados con radio máximo de 3,00 cm sobre todo en la pista.

10.6 Carpintería interior

- Puertas y cristaleras de aluminio color RAL9006.
- Puertas de chapa de acero galvanizado lacado color RAL9006.

10.7 Carpintería exterior

- Carpintería de aluminio lacado de color RAL9006, con sección adecuada y montada sobre premarcos de acero galvanizado.

10.8 Cristalería

- Acristalamiento interior y exterior con vidrio laminado de seguridad de 6,00 mm en las puertas.
- Vitrales de pista de 5x5 mm con butil translucido blanco.
- La carpintería de vidrio practicable que proporciona una superficie de ventilación cruzada total de 28,50 m², superior al 2% del espacio deportivo y abierto a dos fachadas opuestas. La luz solar difusa quedará repartida de manera uniforme, evitando contrastes con la utilización de los vidrios translucidos.
- La superficie del ventanal es de 297,00 m² repartida entre las 2 fachadas, lo que representa el 25% de la superficie en planta del espacio deportivo.
- El ventanal de la fachada sur evita el paso de la radiación solar directa mediante un revestimiento exterior de chapa microperforada, con coeficiente de perforación aproximado del 50%.



- Colocación de espejos en los vestidores.
- Claraboyas de metacrilato rectangulares de dos láminas de 160,00 x 60,00 cm practicables a la zona de servicio.
- Las zonas de vestidores, duchas y servicios se pueden ventilar de manera natural, mediante la gran cantidad de claraboyas practicables que se dispondrán en el techo.

10.9 Instalaciones de fontanería y ventilación

- Conductos de plancha de acero galvanizado para la ventilación y climatización forzada con ventiladores helicoidales y con vertido directo a los exteriores de servicios y vestidores.
- Instalación completa para la red de agua fría y caliente sanitaria de acuerdo con la normativa básica para instalaciones interiores de suministro de agua, con tuberías de cobre montadas superficialmente y protegidas térmicamente con espuma elastómera.
- Instalación de las tuberías de acero para el suministro de agua de las bocas de incendio conectadas a la red pública.
- Caldera para el circuito primario de la producción de A.C.S y sistema de captación de energía solar.
- Se colocará una fuente de agua potable en cada una de las entradas a los vestidores, desde la pista polideportiva, para la hidratación de los atletas durante la práctica de las diferentes disciplinas deportivas.

Todas las instalaciones irán montadas superficialmente bajo el techo, para realizar correctamente el mantenimiento, teniendo en cuenta la disposición de sus componentes, distancias adecuadas entre elementos evitando cruzamientos innecesarios. Las instalaciones son accesibles para permitir modificaciones o ampliaciones y son antivandálicas cuando se encuentran al alcance de los usuarios.

10.10 Instalaciones de alumbrado

- La orientación del pabellón es de este a oeste, con los testeros ciegos. La sala dispone de iluminación natural suficiente y uniforme, de igual forma los vestidores.
- Proyector de lámparas tubulares de descarga de vapor de mercurio, y con equipos incorporados para la iluminación de la pista.
- Luminarias para lámparas de fluorescencia, para la iluminación de las diferentes estancias.
- Luminarias encastadas, antivandálicas en la rampa de acceso del pabellón.



- Todos los mandos de encendido están centralizados en la zona de control y de uso restringido solo al personal autorizado.

11. Determinación de horarios de ocupación

Los vestuarios y los pasillos de acceso a vestuarios, se consideran zonas a calefactar. La ocupación de cada una de ellas se estima de acuerdo con la superficie de cada zona, teniendo en cuenta los metros cuadrados (m^2) por persona estipulados para el tipo de actividad que se desarrollará.

Los niveles de ocupación de cada zona se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Niveles de Ocupación.

Zona	Actividad	N.º personas	m^2 / por personas	Cs (W)	CI (W)	Horario
Polideportivo	-	-	-	-	-	-
Vestuarios	Vestuarios	94	4,80	90	95	8-18 h

Fuente: El Autor

Donde:

Cs: Calor sensible aportado por persona a una temperatura de 25 ° C.

CI: Calor latente aportado por persona a una temperatura de 25 ° C.

En la siguiente tabla, se describen los datos de los coeficientes empleados para el cálculo, así como datos de superficie, peso y orientación de fachadas:

Tabla 3. Datos de Cerramientos, Cubiertas y Forjados.

Cargas Térmicas de Calefacción				
Cerramientos Exteriores				
Tipo	Orientación	Superficie (m^2)	U (W/m^2K)	Peso (kg/m^2)
Fachada	S	34,1	0,91	184
Fachada	E	33,3	0,91	184
Fachada	N	48,3	0,91	184
Fachada	N	86,4	0,89	348
Fachada	N	8,3	2,22	170



Ventanas Exteriores			
Cantidad	Orientación	Superficie total (m ²)	U (W/m ² K)
41	Horizontal	63,2	2,65
Cubiertas			
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso (kg/m ²)
Azotea	235,9	0,42	861
Forjados Interiores			
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso (kg/m ²)
Solera	451,6	0,3	457
Cerramientos Interiores			
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso (kg/m ²)
Pared interior	154,2	0,7	144
Techo	141	2,91	760

Fuente: El Autor

12. Condiciones exteriores de cálculo

Tomando en consideración la norma UNE 100001, las condiciones exteriores quedan definidas de la siguiente manera:

Termino Municipal	Amposta
Altitud sobre el nivel del mar	8 m
Percentil para Invierno	97,50%
Temperatura Seca en Invierno	10,20 ° C
Humedad Relativa en Invierno	90%
Velocidad del Viento	3,60 m/s
Porcentaje de Mayoración para orientación N:	20%
Porcentaje de Mayoración por orientación S:	0%
Porcentaje de Mayoración por orientación E:	10%
Porcentaje de Mayoración por orientación O:	10%
Porcentaje de Mayoración de Cargas en Invierno:	14,50%
Temperatura del Terreno:	6,40 ° C
Suplemento de Intermittencia por Calefacción:	10%

13. Condiciones interiores de cálculo

Las condiciones climatológicas interiores del edificio se han establecido en función de la actividad física de las personas que asisten y del grado de vestimenta, de acuerdo con la ITE 01 apartado 1.1.4.1.2. Es por ello, que para las horas punta se han seleccionado las siguientes condiciones interiores que se detallan en la tabla presentada a continuación:



Tabla 4. Condiciones Interiores Vestuarios.

Referencia	Temperatura de Verano	Temperatura de Invierno	Humedad Relativa Sup.
Vestuarios	24 ° C	21 ° C	60 %

Fuente: El Autor

13.1 Ventilación de los locales

Este apartado considera los criterios de ventilación indicados en la norma UNE 13.779, para el correcto mantenimiento de los vestuarios en función de los niveles de contaminación del ambiente. Los niveles de ventilación asignados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Niveles de Ventilación.

Referencia	Caudal De Ventilación Por Persona (M ³ /H)	Calidad del Aire Interior	
		Ida/Ida Min (M ³ /H)	Fumador (M ³ /(Hxm ²))
Vestuarios	28,8	Ida 3 No Fumador	No

Fuente: El Autor

14. Descripción del sistema elegido

La implementación en los espacios ha sido dimensionada en función de su uso, con el objeto de lograr un funcionamiento eficaz ajustado, en lo relativo a cargas térmicas específicas de cada espacio.

- El edificio se proyectó inicialmente para disponer de una caldera de gas natural, captadores solares, (como apoyo para la producción de ACS y Calefacción) y otros elementos tales como tuberías, bombas, acumuladores, válvulas, depósitos y todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.
- La producción de ACS se prevé por acumulación, mediante depósito acumulador, con un intercambiador de calor de acero inoxidable y bombas de circulación, conformando así el circuito primario. La temperatura de acumulación designada es de 60 °C.
- El ACS circulará por circuito secundario, desde la salida del depósito acumulador hasta la válvula hidromezcladora donde se mezcla con agua fría de la red, con el objetivo de conseguir la temperatura de distribución de 38 °C.
- Se construirá un circuito de recirculación de agua caliente, para evitar el enfriamiento del agua en las tuberías.



- El agua del depósito se mantendrá a temperatura constante mediante bomba de recirculación, evitando que haya zonas donde se enfríe, impidiendo a su vez la proliferación de la salmonelosis. El sistema deberá ser capaz de asegurar una temperatura de 70 °C para poder garantizar la pasteurización.
- Mediante un mecanismo central de regulación electrónica se podrá alcanzar la temperatura de acumulación de 60 °C, actuando sobre la bomba de circulación, el quemador y la bomba de recirculación del depósito, adaptando funcionamiento y consumo de la caldera a las necesidades de la instalación.
- El circuito de calefacción será de doble, tubo con temperatura de ida de 70 °C y temperatura de retorno de 60 °C, con radiadores formados por paneles de acero.
- Las tuberías estarán aisladas térmicamente, en caso de estar en locales no climatizados, los depósitos de expansión serán cerrados y estarán ubicados en la sala de calderas. La distribución de los circuitos será en montaje superficial.
- En la sala de duchas de los vestidores se instalará una válvula termostática 30-100 °C regulada a 35 °C que dará servicio a las duchas de cada vestidor y habrá una ducha en los vestuarios de árbitros y en cada vestidor se dispone de agua fría y caliente.
- Se conectará un contador de agua a la red, instalado en una arqueta al costado del muro exterior, dentro de la cual se instalará de igual manera una válvula de retención y dos válvulas de compuerta.
- Se cumplirá la normativa referente a exigencias de rendimiento y ahorro energético.

15. Metodología de cálculo

La metodología usada para el cálculo de cargas térmicas es el método desarrollado por ASHRAE, que consiste en la conversión de las denominadas funciones de transferencia, de las ganancias instantáneas de calor a las cargas de refrigeración.

15.1 Ganancia térmica instantánea

Consiste en el cálculo para cada hora y para cada mes, de la ganancia de calor instantánea debido a los siguientes factores:

Ganancia solar debida a radiación a través de vidrios, que depende de la latitud, del mes y de la hora solar

$$Q_{gans,t} = CS \times A \times SHGF \times N$$

Siendo:

$$SHGF = GSd + Ins \times GSt$$



Donde:

$Q_{gans,t}$ = Ganancia instantánea de calor sensible(watts)

A = Área de la superficie acristalada(m^2)

CS = Coeficiente de sombreado

n = Número de ventanas del mismo tipo

$SHGF$ = Ganancia solar para vidrio tipo DSA

G_{st} = Ganancia solar por radiación directa ($\frac{W}{m^2}$)

G_{sd} = Ganancia solar por radiación difusa ($\frac{W}{m^2}$)

Ins = Porcentaje de sombra sobre la superficie acristalada.

15.2 Transmisión de paredes y techos

Para cerramientos opacos al exterior, excepto los que no reciben los rayos del sol, la ganancia instantánea por hora se calcula usando la siguiente función de transferencia:

$$Q_{GAN,t} = A \times \left[\sum_{n=0} bn \times (tsa,t - n\Delta) - \sum_{n=1} dn \times \frac{(Q_{GAN,t} - n\Delta)}{A} - tei \times \sum_{n=0} cn \right]$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$ = Ganancia de calor en ambiente, superficie techo o pared (W)

A = Área de la superficie interior(m^2)

$tsa,t - n\Delta$ = Temperatura solar en el instantet $- n\Delta$

Δ = Incremento de tiempo igual a 1 hora

tei = Temperatura del espacio interior (constante)

bn = Coeficiente defunción de transf. según tipo de cerramiento

cn = Coeficiente de función de transf. según tipo de cerramiento

dn = Coeficiente de función de transf. según tipo de cerramiento

La temperatura sol-aire se usa para corregir el efecto de los rayos solares en el exterior de los cerramientos:

$$tsa = t_{sec} + \alpha \times \frac{It}{h_0} - \varepsilon \times \frac{\Delta R}{h_0} \times \cos(90^\circ - \beta)$$

Donde:

T_{sa} = Temperaturasol – aire($^\circ C$)



T_{sec} = Temperatura seca exterior corregida ($^{\circ}\text{C}$)

I_t = Radiación solar incidente en superficie ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$)

h_0 = Coeficiente de termotransferencia ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}}$)

α = Absorvencia de la superficie a la radiación solar

β = Ángulo de inclinación del cerramiento con respecto a horizontal (90°)

ε = Emisividad hemisférica de la superficie

$$\Delta R = \text{Diferencia de radiación } \frac{\text{superficie}}{\text{cuerpo negro}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

15.3 Transmisión excepto en paredes o techos

15.3.1 Cerramientos al interior

Este apartado se refiere a la ganancia instantánea por transmisión en cerramientos opacos interiores y no expuestos a los rayos solares.

$$Q_{gan,t} = K \times A \times (T_l - T_{ei})$$

Donde:

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea (W)

K = Coeficiente de transmisión del cerramiento ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$)

A = Área de la superficie (m^2)

T_l = Temperatura del local contiguo ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ei} = Temperatura del espacio interior ($^{\circ}\text{C}$)

15.3.2 Acristalamientos en exterior

Esta sección reseña la ganancia instantánea por transmisión en superficies exteriores acristaladas.

$$Q_{gan,t} = K \times A \times (T_{ec} - T_{ai})$$

Donde

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea (W)

K = Coeficiente de transmisión de cerramiento ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$)

A = Área de la superficie interior (m^2)

T_{ec} = Temperatura exterior corregida ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ai} = Temperatura del espacio interior ($^{\circ}\text{C}$)



15.3.3 Puertas exteriores

Las puertas al exterior se distinguen según su orientación:

$$Q_{gan,t} = K \times A \times (T_{ei} - T_{ai})$$

Donde

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea (W)

K = Coeficiente de transmisión de cerramiento ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$)

A = Área de la superficie interior (m^2)

T_{ei} = Temperatura del espacio interior corregida (m^2)

T_i = Temperatura exterior corregida para orientación norte ($^\circ C$)

16. Calor interno generado

16.1 Ocupación

En este apartado se menciona al calor generado por personas, en función del aforo y en función del tipo de actividad que estén desarrollando.

$$Q_{gan,t} = Q_s \times n \times 0,01 \times Fd_t$$

Donde:

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea (W)

Q_s = Ganancia sensible por persona en función del tipo de actividad (W)

n = Número de ocupantes

Fd_t = Porcentaje de ocupación para un instante dado (%)

Se asume que el 67 % del calor sensible se disipa por radiación y el restante por convección.

16.2 Alumbrado

Refiere al calor generado por los aparatos de luz, en función de la cantidad y el tipo de aparatos que se encuentren dentro del local.

$$Q_{gan,t} = Q_s \times n \times 0,001 \times Fd_t$$

Donde:

$Q_{ganl,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea (W)

Q_s = Potencia luminaria (W)



n = Número de luminarias

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento(%)

16.3 Aparatos eléctricos

Se hace mención del calor producido por los aparatos eléctricos, en función del tipo de aparato y la cantidad de ellos que se encuentran dentro del local.

$$Q_{gan,t} = Q_s \times n \times 0,001 \times Fd_t$$

Donde:

$Q_{ganl,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea(W)

Q_s = Ganancia sensible de cada aparato(W)

n = Número de aparatos

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento(%)

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

16.4 Aparatos térmicos

Señala el calor producido por los aparatos térmicos que existen dentro del local, en función de la cantidad y tipo de aparato.

$$Q_{gan,t} = Q_s \times n \times 0,001 \times Fd_t$$

Donde:

$Q_{ganl,t}$ = Ganancia de calor sensible instantánea(W)

Q_s = Ganancia sensible de cada aparato, dependiendo del tipo (W)

n = Número de aparatos

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento (%)

Se asume que el 60 % del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección

$$Q_{ganl,t} = Q_l \times n \times 0,001 \times Fd_t$$



17. Aire exterior

Se reseña la ganancia de calor instantánea debido al aire exterior de ventilación. Estas ganancias pasan a ser directamente cargas de refrigeración.

$$Q_{gan,t} = 0,34 \times f_a \times V_{aex} \times 0,01 \times Fd_t \times (Tec - Tai)$$

Donde:

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible en el instante (W)

f_a = Factor corrector por altitud geográfica.

V_{aex} = Caudal de aire exterior (m^3/h)

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento para un instante (%)

Tec = Temperatura seca exterior corregida ($^{\circ}C$)

Tai = Temperatura del espacio interior ($^{\circ}C$)

Se considera que el 100 % del calor sensible aparece por convección.

$$Q_{gan,t} = 0,83 \times f_a \times V_{aex} \times 0,01 \times Fd_t \times (Xec - Xai)$$

Donde:

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor sensible (W)

f_a = Factor corrector por altitud geográfica

V_{aex} = Caudal de aire exterior (m^3/h)

Xec = Humedad específica exterior corregida (gr_{deagua}/kg_{deaire})

Xai = Humedad específica del espacio interior (gr_{deagua}/kg_{deaire})

Fd_t = Porcentaje de funcionamiento (%)



18. Cargas de refrigeración

Este tipo de carga depende de varios factores, entre ellos: el tipo de construcción del local, el contenido, magnitud y naturaleza de la ganancia térmica instantánea, tipo de iluminación y el nivel de circulación del aire. Las ganancias instantáneas de calor latente y las partes que corresponden a calor sensible debidas a la convección, se consideran cargas de refrigeración. La Carga de Refrigeración se puede representar mediante la siguiente función de transferencia:

$$Q_{ref,t} = v_0 \times Q_{gan,t} + v_1 \times Q_{gan,t-\Delta} + v_2 \times Q_{gan,t-\Delta 2} - w_1 \times Q_{ref,t-\Delta}$$

Donde:

$Q_{ref,t}$ = Carga de refrigeración (W)

$Q_{gan,t}$ = Ganancia de calor instantánea (W)

Δ = Incremento de tiempo

v_0, v_1, v_2 = Coeficientes en función de la naturaleza de la ganancia térmica

w_1 = Coef. en función del nivel de circulación del aire en el local.

19. Cálculos finales

19.1 Calefacción

Según los cálculos realizados con el software CLIMAV2 (Tabla 6, 7 y 8) la potencia de calor necesaria es la siguiente:

- Tipo de cálculo: Calefacción.
- Fecha de máxima carga: Enero.
- Hora: 8:00



Tabla 6. Cálculos Calefacción.

Superficie [m ²]	Volumen [m ³]	Planta	Zona Demanda	Climatizador
451,60	1.580,60	Planta1	Zona Ventilación	Directa Local
Núm. Personas	Tipo de Luces	Potencia. luces [kW]; [W/m ²]	Potencia Sensible Equipos [kW]; [W/m ²]	Potencia Latente Equipos [kW]; [W/m ²]
1	Fluorescentes con Reactancia	0,05; 0,12	0,05; 0,12	0.00; 0.00
Temperatura Exterior [°C]	Hum. Relativa Exterior [%]	Temperatura Interior [°C]	Hum. Relativa Interior [%]	Caudal Ventilación [m ³ /h]
3,80	74,12	21,00	60,00	2.709,60

Fuente: El Autor

Tabla 7. Resultados de Cargas Térmicas.

	Total	Sensible
Total, Cargas [kW]	-40.36	-26.25
Ratio [W/m ²]	-89.38	-58.13
Ocupantes [kW]	0.10	0.07
Luces [kW]	0.05	0.05
Equipos [kW]	0.05	0.05
Ventilación [kW]	-29.97	-16.50
Cerramientos [kW]	-4.33	-4.33
Huecos [kW]	-4.35	-4.35
Puentes Térmicos [kW]	0.00	0.00
Mayoración [kW]	-1.92	-1.25

Fuente: El Autor

Tabla 8. Resumen de Resultados.

Resumen Cargas						
Recinto	Planta	Carga Interna Sensible (kW)	Ventilación		Potencia	
			Caudal (m ³ /h)	Carga Total (kW)	Carga por Superficie (kW/m ²)	Potencia Total (kW)
Vestuarios	Planta Baja	26,25	2.709,6	16,50	89,38	40,36
Total			2.709,6			
Carga Total simultánea						40,36

Fuente: El Autor



Demanda total del edificio en calefacción [kWh]: 610.439,69

Ratio de demanda total del edificio en calefacción [kWh/m²]: 1.352,00

A continuación, se presenta la tabla que refiere a la Demanda Mensual de Calefacción:

Tabla 9. Demanda Mensual de Calefacción en kWh.

Elemento	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Edificio	60.060	50.752	54.326	50.765	50.191	46.063	45.500	45.873	46.378	51.325	53.578	55.628
Zona Demanda	60.060	50.752	54.326	50.765	50.191	46.063	45.500	45.873	46.378	51.325	53.578	55.628
Vestuarios	60.060	50.752	54.326	50.765	50.191	46.063	45.500	45.873	46.378	51.325	53.578	55.628

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta, el dato de la demanda de calefacción del mes de enero y un número aproximado de 16 horas de funcionamiento diario de la caldera, tenemos el siguiente resultado:

$$P_{calef} = \frac{60.060 \frac{kWh}{mes}}{\frac{16h}{dia} \times \frac{4,428semanas}{mes} \times 7dias} =$$

$$P_{calef} = 121,104 kW$$

19.2 Cálculo de la potencia de la caldera

El balance energético del proceso corresponde a las siguientes formulas:

$$P_{acs} = 4,19 \times \left(\frac{T_u - T_f}{h_p + h_c} \right) \times \left[h_c \times C + \left(\frac{(C_d - C \times Sh_c) \times h_p}{h_d - Sh_c} \right) \right] (kW)$$

$$V_{acs} = \frac{T_u - T_f}{h_p + h_c} \times (h_p + h_c) \times \left[\frac{C - \frac{(C_d - C \times Sh_c)}{h_d - Sh_c}}{T_p - 0,4 \times T_u - 0,6 \times T_f} \right]$$

Donde:



$T_f = \text{Temperatura del aguafría} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_u = \text{Temperatura de utilización} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

$T_p = \text{Temperatura de preparación} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$

$h_p = \text{Tiempo de preparación} = 4\text{ h} = 14.400\text{ s}$

$h_c = \text{Duración consumo en período punta} = 1\text{ h} = 3.600\text{ s}$

$Sh_c = \text{Tiempo total consumos en períodos punta} = 3\text{ h} = 10.800\text{ s}$

$h_d = \text{Tiempo total de consumo en un día} = 6\text{ h} = 21.600\text{ s}$

$C_d = \text{Consumo máximo diario} = 6.300\text{ l}$

$C = \text{Consumo medio de punta} = 0,438\frac{\text{l}}{\text{s}}$

El cálculo del acumulador se ha hecho de acuerdo con los siguientes parámetros:

Temperatura del agua caliente almacenada	60 °C
Temperatura del agua de consumo	35 °C
Temperatura del agua de la red	10 °C
Máxima ocupación/personas/hora	70
Caudal por ducha y persona a 60 °C	21 l
Caudal por persona	0,1 l/s

A la solución obtenida, especificada en la tabla 10, es recomendable añadir:

- Un 10% por pérdidas en el acumulador.
- Un 15% por pérdidas de calor por difusión en la caldera y circuito primario.



- Un 15% por posibles distorsiones en el período punta con respecto a los promedios estimados.

Tabla 10. Cálculo Potencia ACS.

	Datos	Unidades
T_F	10	°C
T_U	50	°C
T_P	60	°C
h_P	14.400	s
h_C	3.600	s
Sh_C	10.800	s
h_D	21.600	s
C_D	5.670	l
C	0,394	l/s
P_{ACS}	30,797	kW
V_{ACS}	889,412	l

Fuente: El Autor

$$P_{acs} = 1,4 \times 30,797 = 43,115kW$$

$$V_{acs} = 1,4 \times 889,412 = 12.445,176l$$

Con base a los resultados obtenidos, se optaría por la instalación de una caldera con las siguientes características:

Tabla 11. Caldera Roca CPA 130.

Caldera Roca CPA 130	
Potencia útil	151,2 kW
Rendimiento 100 %	91,40%
Rendimiento 30 %	92,80%

Fuente Hertz



En los vestuarios se estima un consumo total diario aproximado de 220 personas, a 21 litros de ACS por ducha, a una temperatura de 60 °C, asumiendo que la acumulación se hace a 60 °C y teniendo en cuenta la temperatura de red de la localidad, los valores mensuales de consumo de ACS serán los siguientes (Tabla 12).

Tabla 12. Demanda de ACS.

	Usuarios	Consumo ACS	Temperatura	Salto Térmico	Demanda Energética	Demanda Energética
		(Litros)		(ΔT)	(Kcal)	(kWh)
Enero	6.600,00	132.000,00	10	50	6.600.000,00	7.670,65
Febrero	6.160,00	123.200,00	11	49	6.036.800,00	7.016,09
Marzo	6.820,00	136.400,00	12	48	6.547.200,00	7.609,29
Abril	6.600,00	132.000,00	14	46	6.072.000,00	7.057,00
Mayo	6.820,00	136.400,00	16	44	6.001.600,00	6.975,18
Junio	3.300,00	66.000,00	18	42	2.772.000,00	3.221,67
Julio	3.410,00	68.200,00	20	40	2.728.000,00	3.170,54
Agosto	2.273,33	45.466,67	20	40	1.818.666,67	2.113,69
Septiembre	3.300,00	66.000,00	19	41	2.706.000,00	3.144,97
Octubre	6.820,00	136.400,00	16	44	6.001.600,00	6.975,18
Noviembre	6.600,00	132.000,00	12	48	6.336.000,00	7.363,83
Diciembre	6.820,00	136.400,00	11	49	6.683.600,00	7.767,81
Total, Anual	65.523,33	1.310.466,67			60.303.466,67	70.085,90
Media Diaria	179,52	3.590,32			165.214,98	192,02

Fuente: El Autor



ANEJO III

ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN



Índice

1.	Introducción	177
2.	Objeto	177
3.	Potencia térmica	177
4.	Cálculo de la potencia de las calderas	178
5.	Selección de calderas	179
6.	Silo de almacenamiento de biomasa	181
6.1	Dimensionado del Silo	182
7.	Grupo de bombas	185
7.1	Primario calderas	186
7.2	Primario intercambiador	186
7.3	Grupo de bombas Circuito I	187
7.4	Grupo de bombas Circuito II	187
7.5	Grupo de bombas Circuito III	188
7.6	Secundario Piscina Municipal	188
7.7	Secundario Vestuarios Piscina Municipal	189
7.8	Secundario Residencia Deportiva	189
7.9	Secundario Pav-2	190
7.10	Secundario Pabellón 1	190
7.11	Secundario Vestuarios Pistas de Fútbol	191
7.12	Secundario Pabellón de Escalada	191
7.13	Secundario Pabellón de Atletismo	192
7.14	Secundario Campo de Fútbol	192
8.	Intercambiadores	193
8.1	Intercambiador Primario Calderas	193



8.2	Subestación Campo de Fútbol	194
8.3	Subestación Piscina Municipal	195
8.4	Subestación Vestuarios Piscina Municipal	196
8.5	Subestación Residencia Deportiva	198
8.6	Subestación Pav-2	199
8.7	Subestación Pabellón 1	200
8.8	Subestación Vestuarios Pistas de Fútbol	202
8.9	Subestación Pabellón Escalada	203
8.10	Subestación Pabellón de Atletismo	204
9.	Equilibrado del sistema hidráulico	206
9.1	Campo de fútbol	206
9.2	Piscina Municipal	207
9.3	Vestuarios Piscina Municipal	207
9.4	Residencia Deportiva	208
9.5	Pabellón Pav-2	208
9.6	Pabellón 1	209
9.7	Vestuarios Pistas de Fútbol	209
9.8	Pabellón de Atletismo	210
9.9	Pabellón de Escalada	210
10.	Equipos Complementarios	211



1. Introducción

En el presente documento, se redacta el cálculo de los elementos principales de la instalación, del “Proyecto de implantación de una red District Heating de Biomasa para abastecimiento de servicios de calefacción y ACS del centro de tecnificación deportiva de la ciudad de Amposta

2. Objeto

El objetivo principal de este análisis es:

- Definir los componentes principales para el correcto diseño de la red de calor.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de solicitud de subvenciones para proyectos de redes de distribución de energía térmica con equipamientos de biomasa, cofinanciadas por el fondo europeo de desarrollo regional.

3. Potencia térmica

Teniendo en cuenta consumo y la potencia de los generadores de cada equipamiento, se procede al dimensionado de la red de calor y sus respectivas subestaciones (Tabla 1).

Tabla 58. Potencia de las Subestaciones (kW)

RED DISTRICT HEATING		
SUBESTACIÓN	CONSUMO (kWh)	POTENCIA (kW)
Campo de futbol	69.759,00	151
Piscina	522.535,00	450
Residencia	69.557,00	52
Pav-2	70.085,90	151
Pabellón 1	35.178,00	69
Pabellón 3	76.564,35	16
Atletismo	69.574,10	151
Escalada	37.746,50	69
TOTAL	950.999,84	1.109

Fuente: El Autor

La potencia de los intercambiadores, en las subestaciones de la red, deberá ser mayor o igual, a la de los equipos de generación existentes en cada uno de los edificios.



4. Cálculo de la potencia de las calderas

Las calderas son dispositivos, donde tiene lugar el intercambio de energía calórica, transmitida por el combustible de biomasa hacia el fluido caloportador. Para determinar la potencia de la caldera de la central de producción, se utiliza la siguiente expresión:

$$P = Q + \text{Pérdidas Tuberías} + \text{Pérdidas Inercia} \left(\frac{\text{Kcal}}{h} \right)$$

Donde:

$$P = \text{Potencia de las calderas} \left(\frac{\text{Kcal}}{h} \right)$$

$$Q = \text{Potencia total instalada en las subestaciones} \left(\frac{\text{Kcal}}{h} \right)$$

Teniendo en cuenta que, para las pérdidas de calor en tuberías, se estiman en un 5% de la potencia útil de la instalación y se mayor otro 5% teniendo en cuenta la inercia del sistema.

Desarrollando el cálculo se tiene:

$$Q = 1.109 \text{ kW} \times \frac{860 \text{ Kcal/h}}{1 \text{ kW}}$$

$$Q = 953.740 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Pérdidas Inercia} = 1.109 \text{ kW} \times \frac{860 \text{ Kcal/h}}{1 \text{ kW}} \times \frac{5}{100}$$

$$\text{Pérdidas Inercia} = 47.687 \text{ Kcal/h}$$

$$\text{Pérdidas Tuberías} = 47.687 \text{ Kcal/h}$$



$$P = 953.740 \frac{Kcal}{h} + 47.687 \frac{Kcal}{h} + 47.687 \frac{Kcal}{h}$$

$$P = 1.049.114 \frac{Kcal}{h} = 1.219,90 \text{ kW}$$

Asignando un coeficiente de simultaneidad del 60% se obtiene finalmente:

$$P = 0,60 \times 1.219,90 \text{ kW}$$

$$\mathbf{P = 731,94 \text{ kW}}$$

5. Selección de calderas

Consecuentemente, los dispositivos de generación a instalar serán dos calderas de 399 kW cada una, siendo la potencia total instalada de 798 kW. Se plantea la colocación de dos calderas de biomasa, de la marca HERZ FIREMATIC 399 (Ilustración 1) de última generación, con las siguientes características:

- Caldera de Hertz Firematic 399 T-Control.
- Caldera de Biomasa para astillas M40 y pellets.
- Rango de potencia para astillas: 103,9 – 399,0 kW.
- Rango de potencia para pellets: 104,9 – 399,0 kW.
- Rendimiento a potencia nominal: astillas/pellets: 93,4/93,4 %.
- Rendimiento a potencia parcial: astillas/pellets: 93,8/93,7 %.
- Temperatura de humos a potencia parcial: astillas/pellets: ~140 °C /~140 °C.
- Temperatura de humos a potencia nominal: astillas/pellets: ~90 °C /~90 °C.
- Emisiones volátiles referidas a 11 %: astillas: 16 mg/m3.
- Emisiones volátiles referidas a 11 %: pellets: 16 mg/m3.
- Presión máxima de trabajo: 5 Bar.



- Temperatura de trabajo: 95 °C.
- Superficie de parrilla móvil: 0,58 m².
- Conexión eléctrica: (V, Hz, A) / Potencia (kW): ~(3x400,50,16) /3.
- Diámetro exterior de salida de humos: 250 mm.
- Depresión mínima de chimenea: 5 Pa.
- Caldera clase 5 según EN 303-5:2013.
- Características del combustible:

Astilla M40 (Contenido de agua máximo 40 %), según norma:

EN ISO 17225-4, clase A1, A2, B1, tamaño de partículas P16S.

EN plus ÖNORM M 7133: G30-G50.

Pellets, según norma:

EN ISO 17225-2, clase A1, A2.

EN plus ÖNORM M 7135: DIN plus o Swiss pellet.

EN plus ÖNORM M 7135: DIN plus o Swiss pellet.

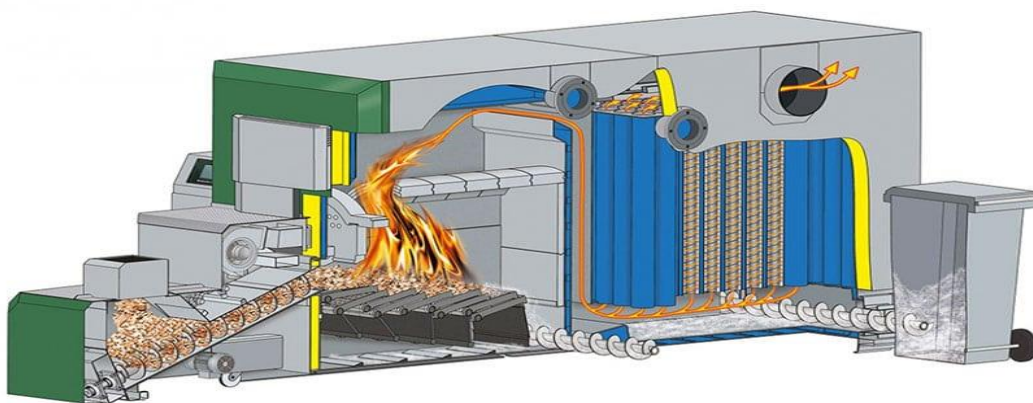


Ilustración 53. Caldera Herz Firematic 399. Fuente: Catálogo Hertz



Tabla 59. Ficha Técnica de la Caldera

Datos Técnicos	
Rango de potencia con astillas (kW)	103,9-399
Rango de potencia con pellets (kW)	104,0-399
Dimensiones (mm)	
A1 Longitud-total	3011
A2 Longitud -frontal	2260
B1 Ancho	1612
B1* Anchura	1200
B2 Ancho con alimentación	2731
C4 Altura	2185
C5 Altura superior-zona alimentación RSE	848
C7 Altura mínima recomendada sala de calderas	2600
D1 Diámetro salida de humos	250
E1 Espacio de mantenimiento frontal	1000
E2 Espacio de mantenimiento parte trasera	750
E3 Espacio mínimo de mantenimiento lado izquierdo	500
E4 Espacio mínimo de mantenimiento lado derecho	900
Parámetros de Operación	
Peso módulo cámara de combustión (kg)	2010
Peso intercambiador de calor modular (kg)	1960
Peso total (incluyendo protecciones) (kg)	4393
Eficiencia combustión η (%)	>94
Presión máxima de trabajo permitida (bar)	5
Temperatura máxima de trabajo permitida (°C)	95
Contenido de agua (l)	1130
Caudal másico de gases a potencia nominal: Astillas (pellets) (kg/s)	0,226 (0,225)
Caudal másico de gases a potencia parcial: Astillas (pellets) (kg/s)	0,071 (0,070)

Fuente: Catalogo Hertz

6. Silo de biomasa

Para la alimentación de las calderas, se prevé un silo de obra, del tamaño suficiente para alcanzar el combustible necesario para 1 y 1,5 temporadas, de tal manera se asegura el suministro a medio



y largo plazo, con una calidad de biomasa alta y a precio razonable. El silo se dimensiona en un área de 90 m², almacenamiento de obra nueva, en superficie a nivel de la sala de calderas y en una habitación exclusiva y distinta de la sala de calderas.

6.1 Dimensionado del Silo

Para el cálculo de las dimensiones del silo, es necesario partir de la potencia instalada en producción y teniendo en cuenta lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios, en su instrucción técnica IT 1.3.4.1.4, que dispone que en los edificios nuevos la capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir la demanda de consumo de 2 semanas. Se debe prever un método de vaciado del silo, por cuestiones de mantenimiento o bien, por riesgo de incendio.

El cómputo de la cuantía de combustible sólido necesaria por meses se ejecuta en base a la demanda total de ACS y Calefacción y asumiendo un rendimiento de las calderas del 93 %, el uso de Astilla como combustible, con una capacidad calorífica de 3,44 kWh/kg y densidad de 250 kg/m³.

Para el diseño del silo de almacenamiento se debe seguir la siguiente formulación

$$V_{CD} = \frac{C_d}{\rho} (m^3 / dia)$$

$$V_{ca} = V_{cd} \times Autonomía (días)$$

El combustible ocupa aproximadamente 2/3 del silo debido a los huecos, teniendo entonces:

$$V_s = \frac{V_{ca}}{2/3} m^3$$

$$A = V_s m^2$$

Donde:

$$V_{CD} = Volumen del combustible diario \left(\frac{m^3}{dia} \right)$$

$$C_D = Consumo diario de combustible \left(\frac{m^3}{dia} \right)$$

$$\rho = Densidad aparente del combustible \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$



$$V_{ca} = \text{Volumen del combustible anual} \left(\frac{m^3}{\text{año}} \right)$$

$$V_s = \text{Volumen del silo} (m^3)$$

$$A = \text{área del silo} (m^2)$$

Para calcular el volumen óptimo del silo, se ha de tener en cuenta el consumo de energía, del mes más desfavorable, es decir, el mes de Diciembre con un total de 123.182,87 kWh (Tabla 3).

Tabla 60. Consumo De Energía Anual de las Instalaciones (KWh)

	Campo de Fútbol	Piscina	Residencia	Pav-2	Pabellón 1	Vestuarios Fútbol Sala	Atletismo	Escalada	TOTAL (KWh)	Total (T) mes
ENE	11.879,00	59.931,00	5.795,00	7.670,65	5.147,00	8.649,71	8.649,71	4.865,46	112.587,52	32,73
FEB	3.617,00	75.873,00	6.768,50	7.016,09	4.778,50	7.653,92	7.653,92	4.305,33	117.666,25	34,21
MAR	7.014,00	75.213,00	6.768,50	7.609,29	4.778,50	8.303,72	8.303,72	4.670,84	122.661,56	35,66
ABR	7.014,00	63.740,00	5.528,00	7.057,00	5.614,00	7.688,28	7.688,28	4.324,66	108.654,22	31,59
MAY	3.753,00	41.527,00	5.528,00	6.975,18	5.614,00	7.611,74	7.611,74	4.281,60	82.902,27	24,10
JUN	9.381,00	22.926,00	1.620,00	3.221,67	138,00	4.305,33	2.105,92	658,10	44.356,02	12,89
JUL	2.422,00	13.670,00	1.677,00	3.170,54	149,00	2.162,43	1.729,94	540,61	25.521,51	7,42
AGO	904,00	7.787,00	6.856,00	2.113,69	0,00	2.162,43	691,98	216,24	20.731,34	6,03
SEPT	5.584,00	14.979,00	6.856,00	3.144,97	0,00	4.202,82	1.027,89	321,22	36.115,89	10,50
OCT	5.584,00	21.302,00	7.986,50	6.975,18	1.732,50	7.611,74	7.611,74	4.281,60	63.085,27	18,34
NOV	6.303,50	49.591,00	7.986,50	7.363,83	1.732,50	8.022,55	8.022,55	4.512,69	93.535,12	27,19
DIC	6.303,50	75.996,00	6.187,00	7.767,81	5.494,00	8.189,69	8.476,71	4.768,15	123.182,87	35,81
TOTAL (KWh)	69.759,00	522.535,00	69.557,00	70.085,90	35.178,00	76.564,35	69.574,10	37.746,50	950.999,84	
TOTAL (T) Anual	20,28	151,90	20,22	20,37	10,23	22,26	20,23	10,97		276,46

Fuente: El Autor

Se considera importante para el diseño del silo, tener en cuenta un volumen de almacenamiento, tal que solamente sea necesario cargar el silo, como máximo dos veces al mes.

Realizando el cálculo se obtiene:

$$\text{Consumo}_{\text{diario}} = \frac{\text{Consumo mensual}}{\text{Número días mes}} [kWh/día]$$



$$Consumo_{diario} = \frac{123.182,87}{31} = 3.973,641 \text{ [kWh/dia]}$$

$$Consumo_{diario} [kg] = \frac{Consumo_{diario} \text{ [kWh/dia]}}{Poder\ Calorífico \text{ [kWh/kg]}}$$

$$Consumo_{diario} [kg] = \frac{3.973,641}{3,44} = 1.155,128 \frac{[kg]}{[dia]}$$

$$Consumo_{diario} [m^3] = \frac{Consumo_{diario} \text{ kg/día}}{\text{densidad kg/m}^3} [m^3/dia]$$

$$Consumo_{diario} [m^3] = \frac{1.155,128}{250} = 4,621 [m^3/dia]$$

El consumo para 15 días de autonomía será de 69,315 m³. En resumen:

- El mes de Diciembre presenta el consumo más alto de astilla, 35,81 Toneladas.
- Es conveniente aplicar un coeficiente de reserva del 25 %: 8,952 Toneladas.
- La capacidad de carga mínima será de 44,762 Toneladas.

Para el cálculo del volumen de almacenamiento mínimo, se tiene en cuenta la densidad de la astilla 250 kg/m³ al 30% de humedad:

$$Vol_{alm-min} = \frac{44,762 \text{ T} \times 1000 \text{ kg}}{250 \text{ kg/m}^3} = 179,048 \text{ m}^3$$

El volumen de almacenamiento mínimo para 15 días de autonomía será de 89,524 m³, siendo las características del silo:

- Superficie: 6 m x 15 m = 90 m²
- Alto: 5 m.
- Volumen del silo: 450 m³.
- Altura máxima de almacenamiento: 3,5 m.
- Volumen máximo de almacenamiento 315 m³.

$$C_{total} = \frac{950.999,840 \frac{kWh}{año} + 216.140,00 \frac{kWh}{año}}{3,44 \frac{kWh}{kg} \text{ astilla}} = 339.284,837 \frac{kg. \text{ astilla}}{año}$$



$$C_{total} = 339,285 \frac{T. astilla}{año}$$

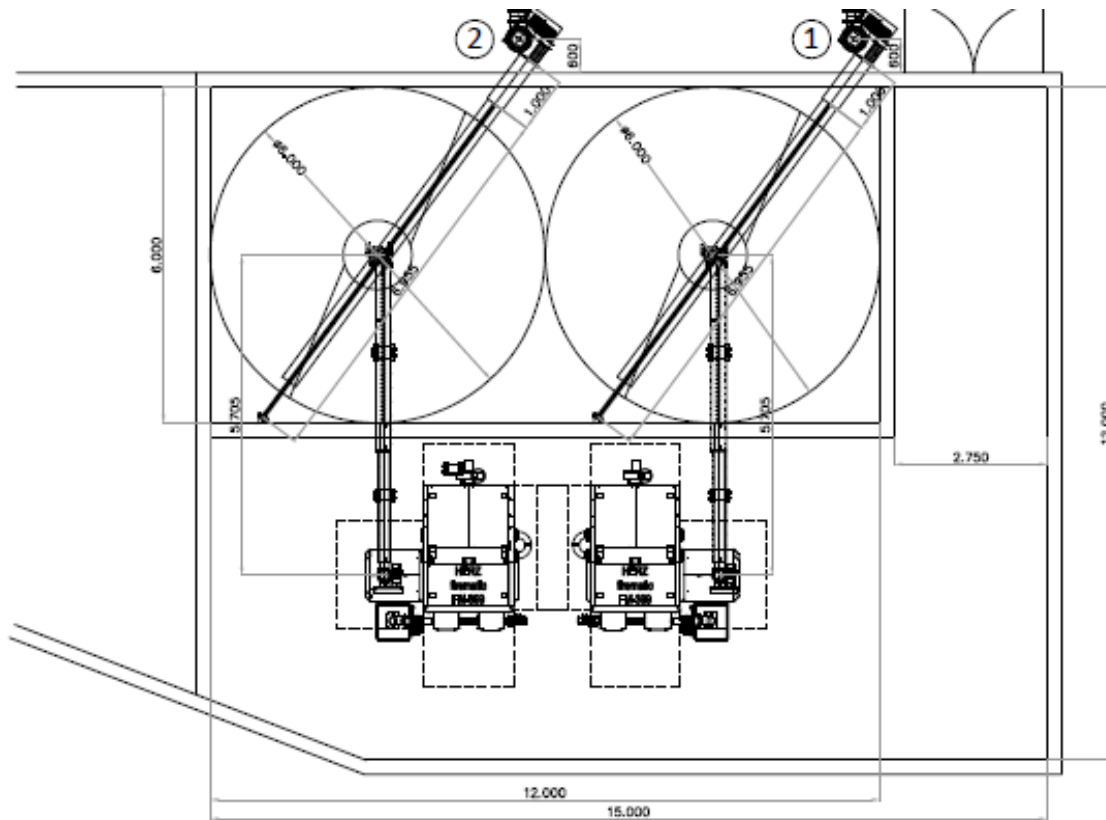


Ilustración 54. Dimensiones de la Sala de Calderas y Silo (m) (Fuente: El autor)

Teniendo en cuenta las pérdidas de calor en la red, de aproximadamente 216.140 kWh/año, véase ANEJO V – Cálculos Hidráulicos del presente documento, se estima un consumo total de 339,285 T astilla/año.

7. Grupo de bombas

Se presenta a continuación, las características de las bombas seleccionadas, véase el ANEJO V – Cálculos Hidráulicos del presente documento.

Las características de las bombas seleccionadas se extraen del catálogo de bombas para ACS de la empresa SEDICAL.



7.1 Primario calderas

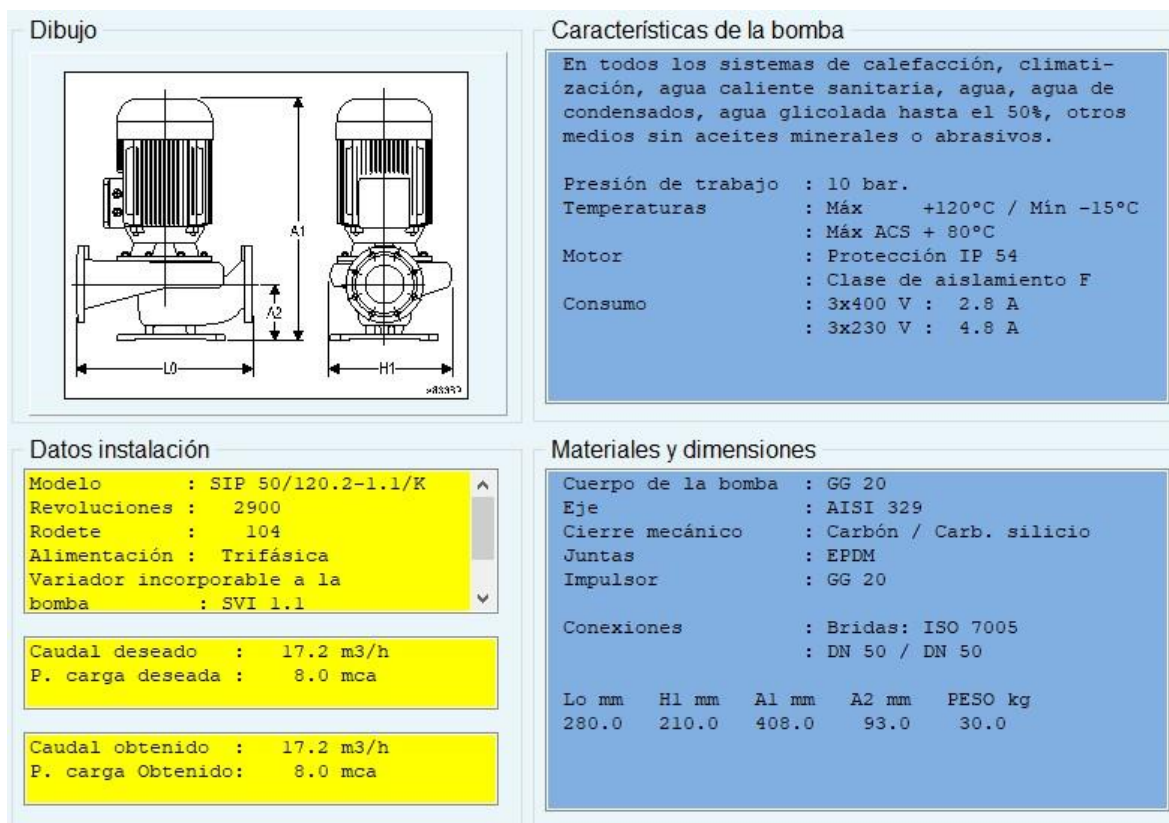


Ilustración 55. Características Bomba Primario Caldera. Fuente: Sedical

7.2 Primario intercambiador

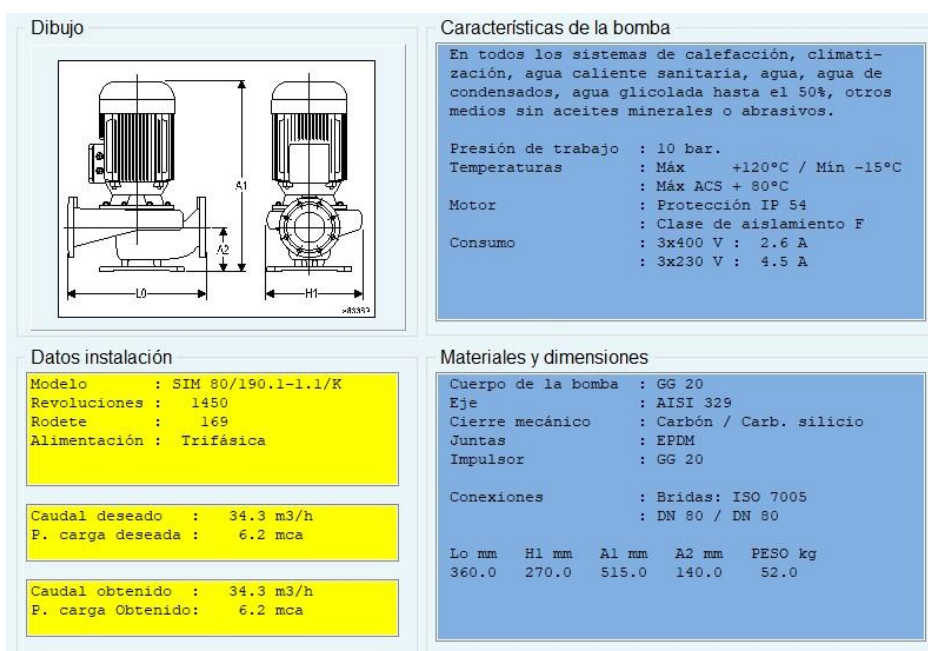




Ilustración 56. Características Bomba Primario Intercambiador Fuente: Sedical

7.3 Grupo de bombas Circuito I

Dibujo		Características de la bomba											
		<p>En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.</p> <p>Presión de trabajo : 10 bar. Temperaturas : Máx +100°C / Mín -15°C : Máx ACS + 80°C Motor : Protección IP 54 : Clase de aislamiento F Consumo : 3x400 V : 2.8 A : 3x230 V : 4.8 A</p>											
Datos instalación		Materiales y dimensiones											
<p>Modelo : SDP 40/145.1-1.1/K Revoluciones : 2900 Rodete : 103 Alimentación : Trifásica Variador incorporable a la bomba : 2 x SVI 1.1</p> <p>Caudal deseado : 6.5 m3/h P. carga deseada : 13.4 mca</p> <p>Caudal obtenido : 6.5 m3/h P. carga Obtenido: 13.4 mca</p>		<p>Cuerpo de la bomba : GG 20 Eje : AISI 329 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio Juntas : EPDM Impulsor : NORYL GFN 2</p> <p>Conexiones : Bridas: ISO 7005 : DN 40 / DN 40</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lo mm</th> <th>H1 mm</th> <th>A1 mm</th> <th>A2 mm</th> <th>PESO kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250.0</td> <td>465.0</td> <td>451.0</td> <td>116.0</td> <td>46.0</td> </tr> </tbody> </table>		Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg	250.0	465.0	451.0	116.0	46.0
Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg									
250.0	465.0	451.0	116.0	46.0									

Ilustración 57. Características Bomba Circuito I. Fuente: Sedical

7.4 Grupo de bombas Circuito II

Dibujo		Características de la bomba											
		<p>En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.</p> <p>Presión de trabajo : 10 bar. Temperaturas : Máx +120°C / Mín -15°C : Máx ACS + 80°C Motor : Protección IP 55 : Clase de aislamiento F Consumo : 3x400 V : 8.2 A : 3x690 V : 14.2 A</p>											
Datos instalación		Materiales y dimensiones											
<p>Modelo : SDP 65/185.2-4.0/K Revoluciones : 2900 Rodete : 156 Alimentación : Trifásica Variador incorporable a la bomba : 2 x SVI 5.5</p> <p>Caudal deseado : 28.1 m3/h P. carga deseada : 24.8 mca</p> <p>Caudal obtenido : 28.1 m3/h P. carga Obtenido: 24.8 mca</p>		<p>Cuerpo de la bomba : GG 20 Eje : AISI 329 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio Juntas : EPDM Impulsor : GG 20</p> <p>Conexiones : Bridas: ISO 7005 : DN 65 / DN 65</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Lo mm</th> <th>H1 mm</th> <th>A1 mm</th> <th>A2 mm</th> <th>PESO kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>348.0</td> <td>605.0</td> <td>605.0</td> <td>125.0</td> <td>128.0</td> </tr> </tbody> </table>		Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg	348.0	605.0	605.0	125.0	128.0
Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg									
348.0	605.0	605.0	125.0	128.0									



Ilustración 58. Características Bomba Circuito II. Fuente: Sedical

7.5 Grupo de bombas Circuito III

Dibujo

Características de la bomba

En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.

Presión de trabajo : 10 bar.
 Temperaturas : Máx +120°C / Mín -15°C
 : Máx ACS + 80°C
 Motor : Protección IP 55
 : Clase de aislamiento F
 Consumo : 3x400 V : 8.2 A
 : 3x690 V : 14.2 A

Datos instalación

Modelo : SDP 65/185.2-4.0/K
 Revoluciones : 2900
 Rodete : 174
 Alimentación : Trifásica
 Variador incorporable a la bomba : 2 x SVI 5.5

Caudal deseado : 13.1 m3/h
 P. carga deseada : 38.2 mca

Caudal obtenido : 13.1 m3/h
 P. carga Obtenido: 38.2 mca

Materiales y dimensiones

Cuerpo de la bomba : GG 20
 Eje : AISI 329
 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio
 Juntas : EPDM
 Impulsor : GG 20

Conexiones : Bridas: ISO 7005
 : DN 65 / DN 65

Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg
348.0	605.0	605.0	125.0	128.0

Ilustración 7. Características Bomba Circuito III. Fuente: Sedical

7.6 Secundario Piscina Municipal

Dibujo

Características de la bomba

En todos los sistemas de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, agua, agua de condensados, agua glicolada hasta el 50%, otros medios sin aceites minerales o abrasivos.

Presión de trabajo : 10 bar.
 Temperaturas : Máx +120°C / Mín -15°C
 : Máx ACS + 80°C
 Motor : Protección IP 54
 : Clase de aislamiento F
 Consumo : 3x400 V : 1.0 A
 : 3x230 V : 1.7 A

Datos instalación

Modelo : SIM 65/190.1-0.37/K
 Revoluciones : 1450
 Rodete : 126
 Alimentación : Trifásica
 Variador incorporable a la bomba : SVI 1.1

Caudal deseado : 15.5 m3/h
 P. carga deseada : 3.7 mca

Caudal obtenido : 15.5 m3/h
 P. carga Obtenido: 3.7 mca

Materiales y dimensiones

Cuerpo de la bomba : GG 20
 Eje : AISI 329
 Cierre mecánico : Carbón / Carb. silicio
 Juntas : EPDM
 Impulsor : GG 20

Conexiones : Bridas: ISO 7005
 : DN 65 / DN 65

Lo mm	H1 mm	A1 mm	A2 mm	PESO kg
340.0	255.0	495.0	125.0	37.0



Ilustración 8. Características Bomba Secundario Piscina Municipal. Fuente: Sedical

7.7 Secundario Vestuarios Piscina Municipal

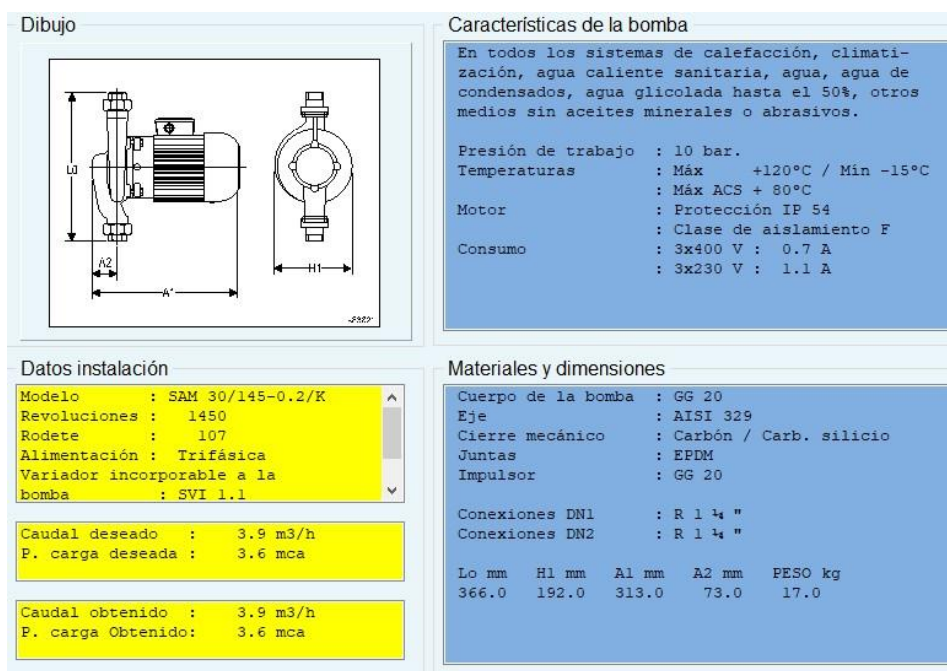


Ilustración 9. Características Bomba Secundario Vestuarios Piscina Municipal. Fuente: Sedical

7.8 Secundario Residencia Deportiva

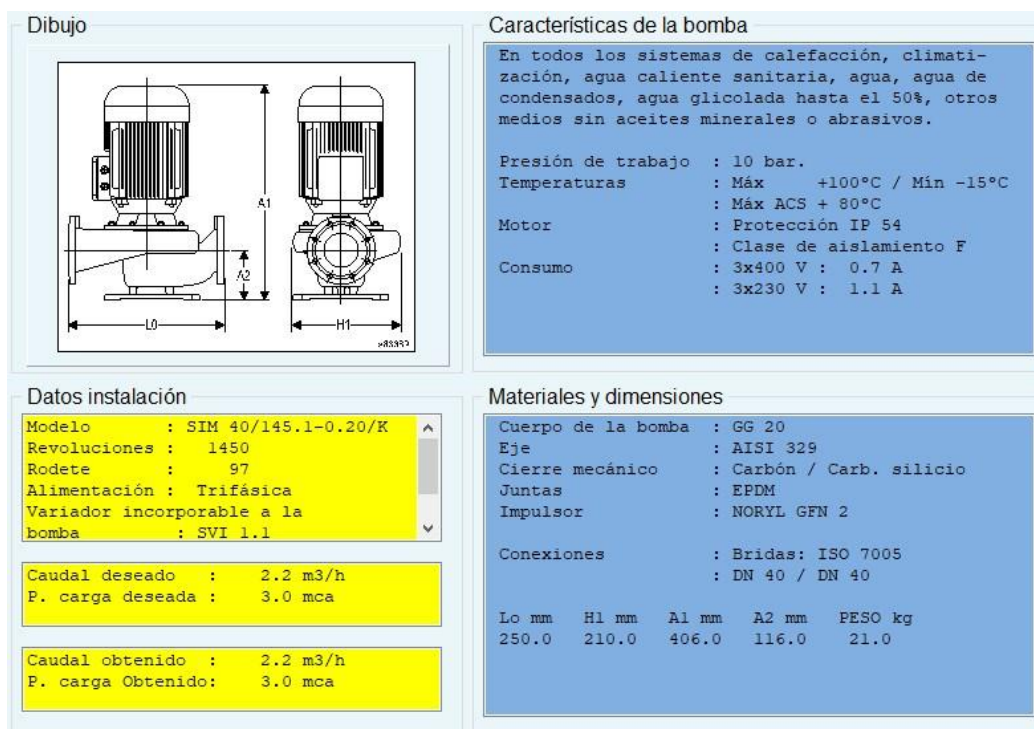


Ilustración 10. Características Bomba Secundario Residencia Deportiva. Fuente: Sedical



7.9 Secundario Pav-2

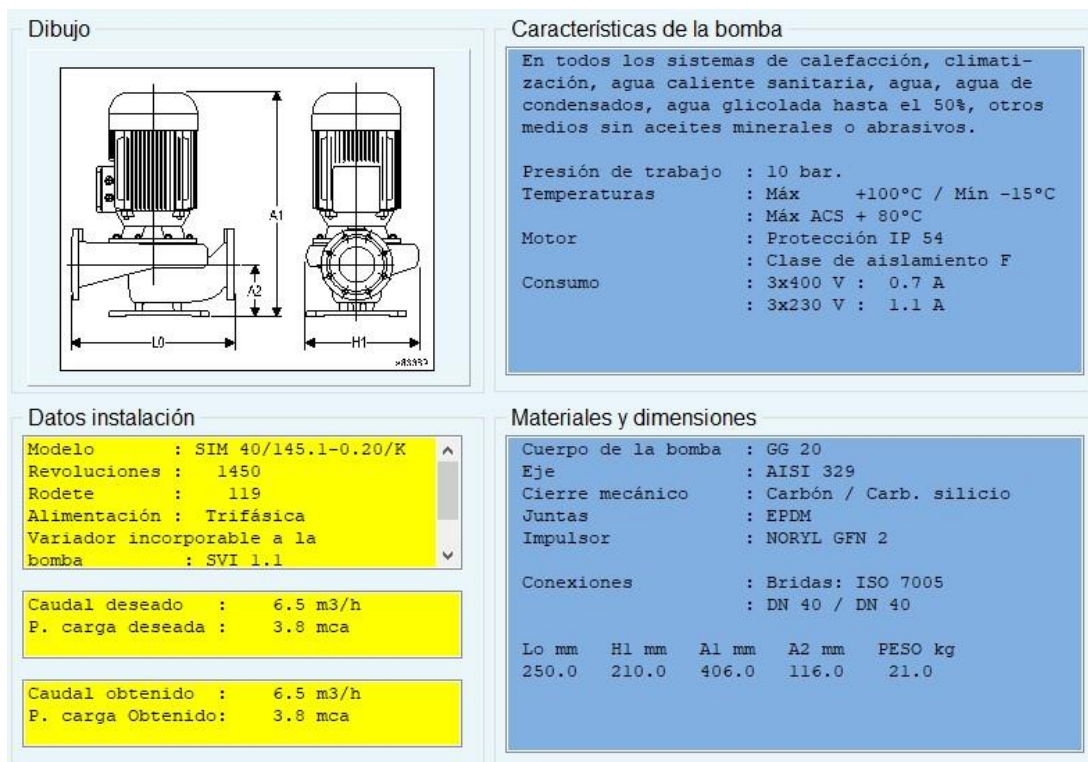


Ilustración 11. Características Bomba Secundario Pav-2 Fuente: Sedical

7.10 Secundario Pabellón 1

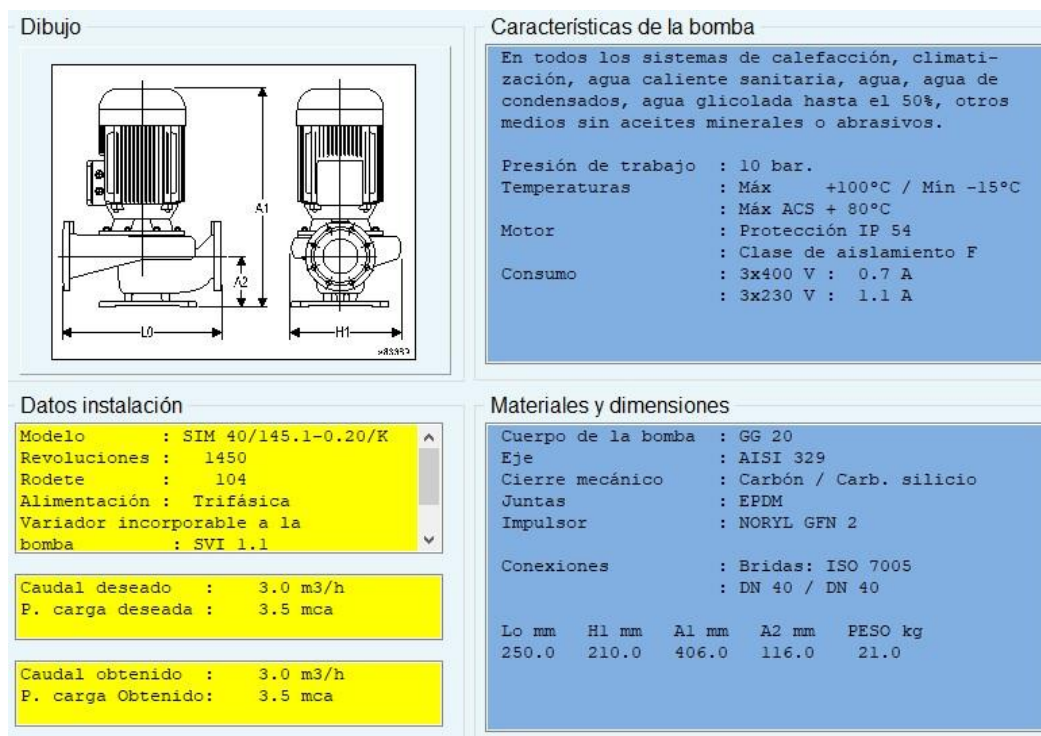


Ilustración 12. Características Bomba Secundario Pabellón 1 Fuente: Sedical



7.11 Secundario Vestuarios Pistas de Fútbol

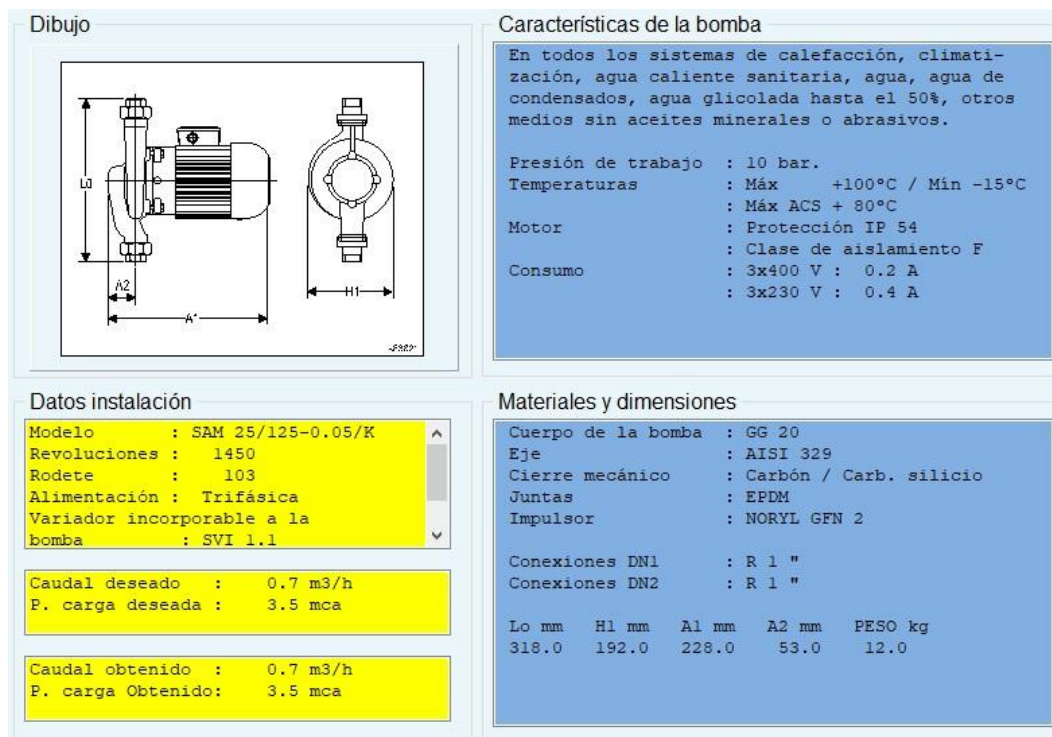


Ilustración 13. Características Bomba Secundario Vestuarios Pistas de Fútbol. Fuente: Sedical

7.12 Secundario Pabellón de Escalada

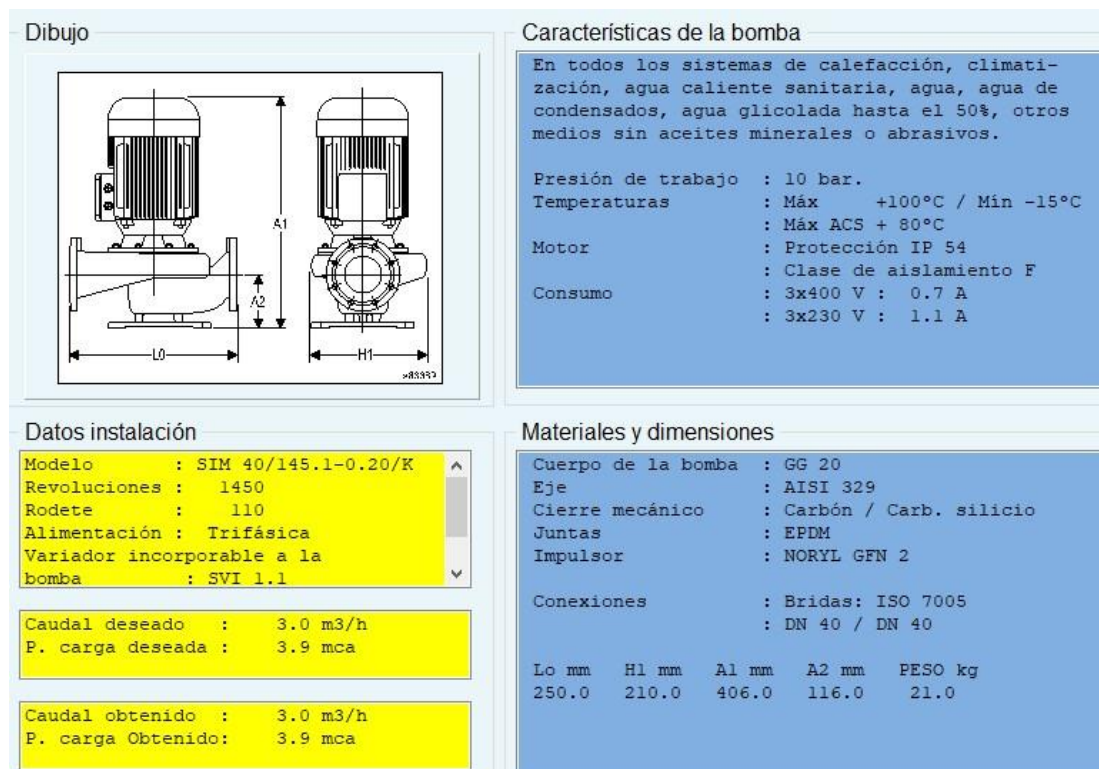


Ilustración 14. Características Bomba Secundario Pabellón de Escalada. Fuente: Sedical



7.13 Secundario Pabellón de Atletismo

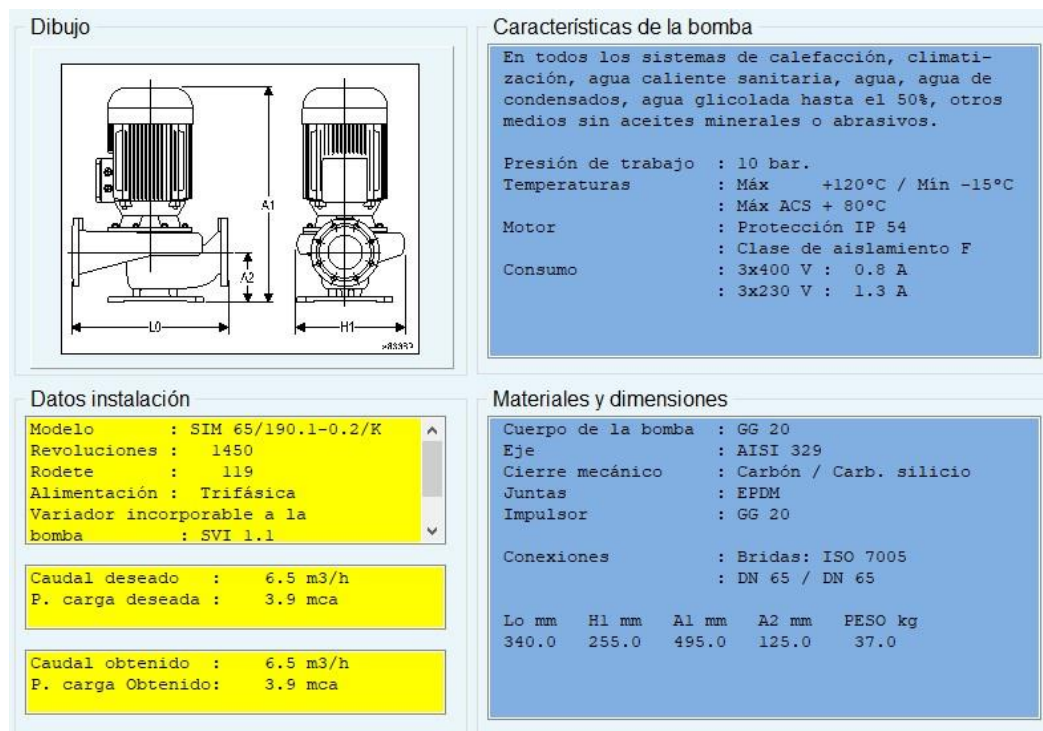


Ilustración 15. Características Bomba Secundario Pabellón de Atletismo. Fuente: Sedical

7.14 Secundario Campo de Fútbol

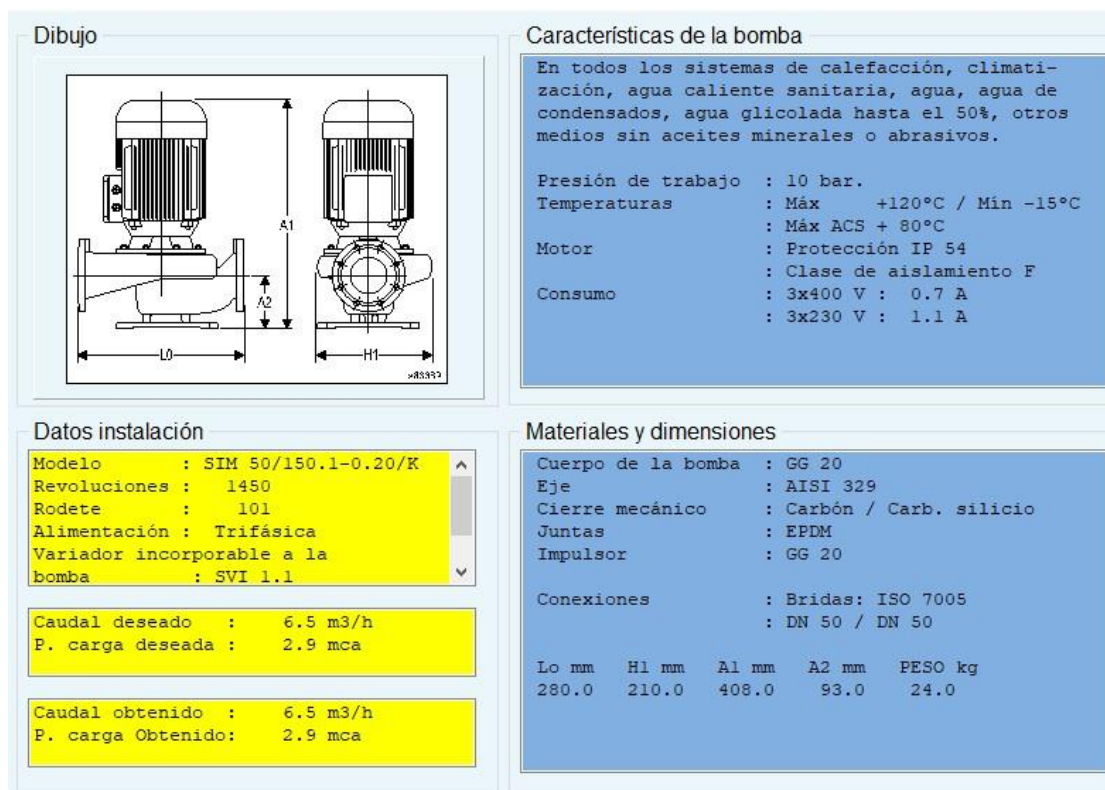


Ilustración 16. Características Bomba Secundario Campo de Fútbol. Fuente: Sedical



8. Intercambiadores

Se resumen a continuación, las características de los intercambiadores seleccionados, véase el ANEJO V – Cálculos Hidráulicos del presente documento.

8.1 Intercambiador Primario Calderas

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-63 / 93 MH 84 - H - PN10			
Potencia de intercambio	kW	800,0	
Caudal	l/h	35.404,2	35.326,0
Temperatura entrada	°C	95,0	70,0
Temperatura salida	°C	75,0	90,0
Perdida de carga	kPa	29,3	29,2
Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,20
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,67
Viscosidad media	mPaxs	0,35	0,38
Viscosidad pared	mPaxs	0,38	0,35
Numero de placas		93	
Agrupamiento		1 x 46 / 1 x 46	
Tipo / porcentaje		MH 84	
Superficie de intercambio efectiva	m²	20,26	
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²×°K	7.894,1 / 8.064,4	
Sobredimensionamiento	%	2,15	
Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0,0026	
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	
Temperatura máxima de diseño	°C	105,0	
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0,4 mm	



Material de las juntas	Nitrilo HT (sin pegamento)
Material de las conexiones circuito caliente	Forro goma
Material de las conexiones circuito frio	Forro goma
Diámetro de las conexiones	DN 65
Situación de las conexiones (Caliente / frio)	F1 - F4 / F3 - F2
Tipo de bastidor	H - PN10
Especificación pintura del bastidor	Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor	1.380 mm/ 984 mm/ 395 mm/ 315 kg

8.2 Subestación Campo de Fútbol

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-63 / 22 H - H - PN10

Potencia de intercambio	kW	151.0	
Caudal	l/h	6.667,8	6.653,3
Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	19,8	23,7
Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0.40	0.38
Numero de placas		22	
Agrupamiento		1 x 11 / 1 x 10	
Tipo / porcentaje		H	
Superficie de intercambio efectiva	m²	4,45	



Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m ² ×°K	6.779,5 / 6.854,1
Sobredimensionamiento	%	1,09
Factor de ensuciamiento	m ² ×°K/kW	0,0016
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0,4 mm
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)
Material de las conexiones circuito caliente		Forro goma
Material de las conexiones circuito frio		Forro goma
Diámetro de las conexiones		DN 65
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2
Tipo de bastidor		H - PN10
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		570 / 984 mm/ 395 mm/ 235 kg

8.3 Subestación Piscina Municipal

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-101 / 59 MH 55 - IG - PN10

Potencia de intercambio	kW	360,0
Caudal	l/h	15.896,7
Temperatura entrada	°C	90,0
Temperatura salida	°C	70,0
Perdida de carga	kPa	25,6



Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas		59	
Agrupamiento		2 x 15 / 2 x 14	
Tipo / porcentaje		MH 55	
Superficie de intercambio efectiva	m²	13.77	
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²×°K	5.226,5 / 5.381,1	
Sobredimensionamiento	%	2,95	
Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0,0054	
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0	
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)	
Material de las conexiones circuito caliente		Forro goma	
Material de las conexiones circuito frio		Forro goma	
Diámetro de las conexiones		DN 100	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		B4 - F4 / F3 - B3	
Tipo de bastidor		IG - PN10 N.º 3 (Max =80 placas)	
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010	
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		634/ 1069 mm/ 480 mm/ 345 kg	

8.4 Subestación Vestuarios Piscina Municipal



Subestación Vestuarios Piscina Municipal				
Subestación Vestuarios Piscina Municipal				
Subestación Vestuarios Piscina Municipal	Potencia de intercambio	kW	90,0	
	Caudal	l/h	3.974,2	3.965,5
	Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
	Temperatura salida	°C	70,0	85,0
	Perdida de carga	kPa	11,7	12,5
Subestación Vestuarios Piscina Municipal				
Subestación Vestuarios Piscina Municipal	Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
	Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
	Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
	Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Subestación Vestuarios Piscina Municipal				
Subestación Vestuarios Piscina Municipal	Numero de placas		42	
	Agrupamiento		1 x 21 / 1 x 20	
	Tipo / porcentaje		H	
	Superficie de intercambio efectiva	m²	3,36	
	Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²×°K	5.357,1 / 5.449,6	
	Sobredimensionamiento	%	1,72	
	Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0,0031	
	Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	
	Temperatura máxima de diseño	°C	100,0	
	Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3	
Subestación Vestuarios Piscina Municipal				
Subestación Vestuarios Piscina Municipal	Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0,5 mm	
	Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)	
	Material de las conexiones circuito caliente		AISI 316	
	Material de las conexiones circuito frio		AISI 316	



Diámetro de las conexiones	R 1 1/4 "
Situación de las conexiones (Caliente / frio)	F1 - F4 / F3 - F2
Tipo de bastidor	C - PN10
Especificación pintura del bastidor	Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor	390 mm/ 755 mm/ 194 mm/ 53 kg

8.5 Subestación Residencia Deportiva

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-61 / 25 MH 95 - IG - PN10

Potencia de intercambio	kW	52,0	
Caudal	l/h	2.296,2	2.291,2
Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	22,5	22,4
Calor específico	kJ/kgx°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/mx°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas		25	
Agrupamiento		3 x 4 / 3 x 4	
Tipo / porcentaje		MH 95	
Superficie de intercambio efectiva	m²	2,36	
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²x°K	4.401,6 / 4.548,1	
Sobredimensionamiento	%	3,32	
Factor de ensuciamiento	m²x°K/kW	0,0073	
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	



Temperatura máxima de diseño	°C	100,0
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0,4 mm
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)
Material de las conexiones circuito caliente		Forro goma
Material de las conexiones circuito frio		Forro goma
Diámetro de las conexiones		DN65
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		B1 - F4 / F3 - B2
Tipo de bastidor		IG - PN10 N.º 1 (Max =58 placas)
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		438 / 626 mm/ 395 mm/ 131 kg

8.6 Subestación Pav-2

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-34 / 66 H - C - PN10

Potencia de intercambio	kW	151,0	
Caudal	l/h	6.667,8	6.653,3
Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	14,8	15,3
Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38



Numero de placas		66
Agrupamiento		1 x 33 / 1 x 32
Tipo / porcentaje		H
Superficie de intercambio efectiva	m ²	5,37
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m ² ×°K	5.617,5 / 5.712,1
Sobredimensionamiento	%	1,68
Factor de ensuciamiento	m ² ×°K/kW	0,0029
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)
Material de las conexiones circuito caliente		AISI 316
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316
Diámetro de las conexiones		R 1 1/4 "
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2
Tipo de bastidor		C - PN10
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		425 mm/ 755 mm/ 194 mm/ 64 kg

8.7 Subestación Pabellón 1

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-61 / 31 MH 94 - IG - PN10

Potencia de intercambio	kW	69.0
Caudal	l/h	3.046,9 3.040,2
Temperatura entrada	°C	90,0 65,0



Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	24,7	24,6
Calor específico	kJ/kgx°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/mx°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas		31	
Agrupamiento		3 x 5 / 3 x 5	
Tipo / porcentaje		MH 94	
Superficie de intercambio efectiva	m ²	2.97	
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m ² x°K	4.632,2 / 4.765,2	
Sobredimensionamiento	%	2,87	
Factor de ensuciamiento	m ² x°K/kW	0,0060	
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0	
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0,4 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)	
Material de las conexiones circuito caliente		Forro goma	
Material de las conexiones circuito frio		Forro goma	
Diámetro de las conexiones		DN65	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		B1 - F4 / F3 - B2	
Tipo de bastidor		IG - PN10 N.º 1 (Max =58 placas)	



Especificación pintura
del bastidor

Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010

Largo, alto, ancho y peso
del bastidor

438 mm/ 626 mm/ 395 mm/ 134 kg

8.8 Subestación Vestuarios Pistas de Fútbol

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-34 / 12 H - C - PN10

Potencia de intercambio	kW		16,0
Caudal	l/h	706,5	705,0
Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	5,1	6,8
Calor específico	kJ/kgx°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/mx°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas			12
Agrupamiento			1 x 6 / 1 x 5
Tipo / porcentaje			H
Superficie de intercambio efectiva	m²		0,84
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²x°K		3.809,5 / 3.904,6
Sobredimensionamiento	%		2,49
Factor de ensuciamiento	m²x°K/kW		0,0063
Presión de trabajo / prueba	bar		10,0 / 14,3
Temperatura máxima de diseño	°C		100,0
Acorde a normativa			PED 2014/68/UE Art 4.3



Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)
Material de las conexiones circuito caliente		AISI 316
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316
Diámetro de las conexiones		R 1 1/4 "
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2
Tipo de bastidor		C - PN10
Especificación pintura del bastidor		Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010
Largo, alto, ancho y peso del bastidor		260/ 755 mm/ 194 mm/ 39 kg

8.9 Subestación Pabellón Escalada

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-34 / 34 H - C - PN10

Potencia de intercambio	kW	69.0	
Caudal	l/h	3.046,9	3.040,2
Temperatura entrada	°C	90,0	65,0
Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	10,4	11,4
Calor especifico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas		34	
Agrupamiento		1 x 17 / 1 x 16	
Tipo / porcentaje		H	



Superficie de intercambio efectiva	m ²	2.68
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m ² ×°K	5.133,9 / 5.222,5
Sobredimensionamiento	%	1,72
Factor de ensuciamiento	m ² ×°K/kW	0,0033
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0
Acorde a normativa	PED 2014/68/UE Art 4.3	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm
Material de las juntas	Nitrilo HT (sin pegamento)	
Material de las conexiones circuito caliente	AISI 316	
Material de las conexiones circuito frio	AISI 316	
Diámetro de las conexiones	R 1 1/4 "	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)	F1 - F4 / F3 - F2	
Tipo de bastidor	C - PN10	
Especificación pintura del bastidor	Según ISO12944 Categ. C2 RAL5010	
Largo, alto, ancho y peso del bastidor	390 mm/ 755 mm/ 194 mm/ 50 kg	

8.10 Subestación Pabellón de Atletismo

SEDICAL - Intercambiador de placas UFP-34 / 66 H - C - PN10

Potencia de intercambio	kW	151.0
Caudal	l/h	6.667,8 6.653,3
Temperatura entrada	°C	90,0 65,0



Temperatura salida	°C	70,0	85,0
Perdida de carga	kPa	14,8	15,3
Calor específico	kJ/kg×°K	4,20	4,19
Conductividad térmica	W/m×°K	0,67	0,66
Viscosidad media	mPaxs	0,38	0,40
Viscosidad pared	mPaxs	0,40	0,38
Numero de placas		66	
Agrupamiento		1 x 33 / 1 x 32	
Tipo / porcentaje		H	
Superficie de intercambio efectiva	m²	5,37	
Coef. global de transmisión (servicio / limpio)	W/m²×°K	5.617,5 / 5.712,1	
Sobredimensionamiento	%	1,68	
Factor de ensuciamiento	m²×°K/kW	0,0029	
Presión de trabajo / prueba	bar	10,0 / 14,3	
Temperatura máxima de diseño	°C	100,0	
Acorde a normativa		PED 2014/68/UE Art 4.3	
Material de las placas / grosor	mm	AISI 316 / 0.5 mm	
Material de las juntas		Nitrilo HT (sin pegamento)	
Material de las conexiones circuito caliente		AISI 316	
Material de las conexiones circuito frio		AISI 316	
Diámetro de las conexiones		R 1 1/4 "	
Situación de las conexiones (Caliente / frio)		F1 - F4 / F3 - F2	
Tipo de bastidor		C - PN10	

425 / 755 mm/ 194 mm/ 64 kg



9.2 Piscina Municipal

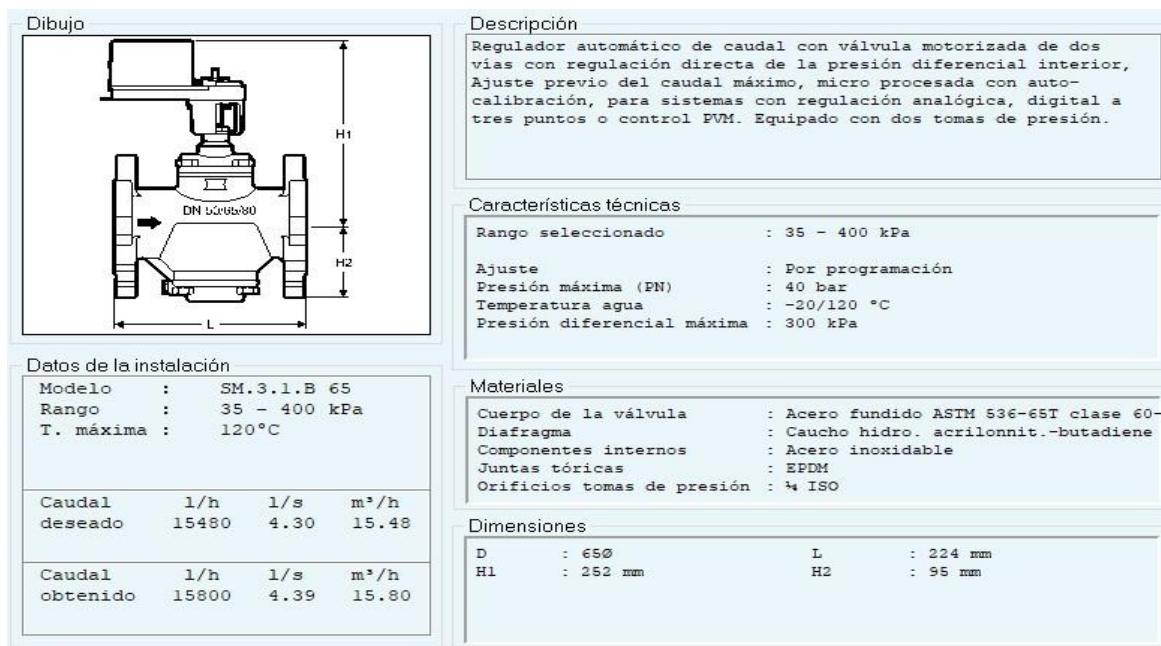


Ilustración 18. Regulador K-Flow Piscina Municipal. Fuente: Sedical

9.3 Vestuarios Piscina Municipal

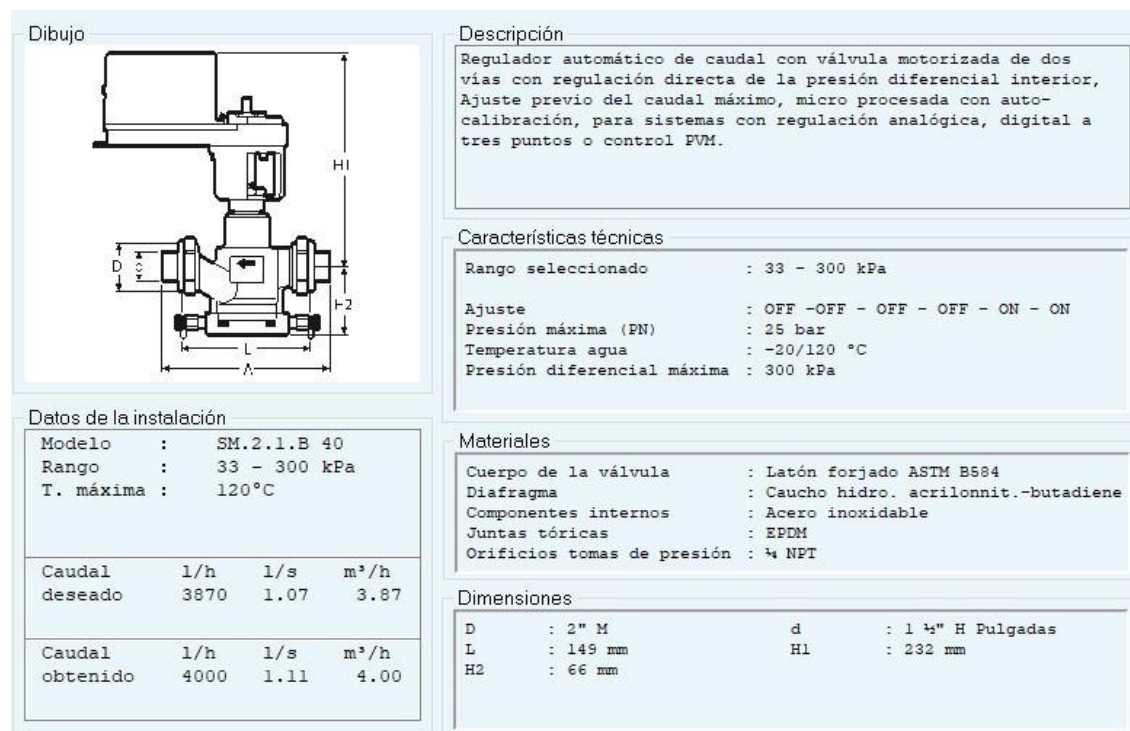


Ilustración 19. Regulador K-Flow Vestuarios Piscina Fuente: Sedical



9.4 Residencia Deportiva

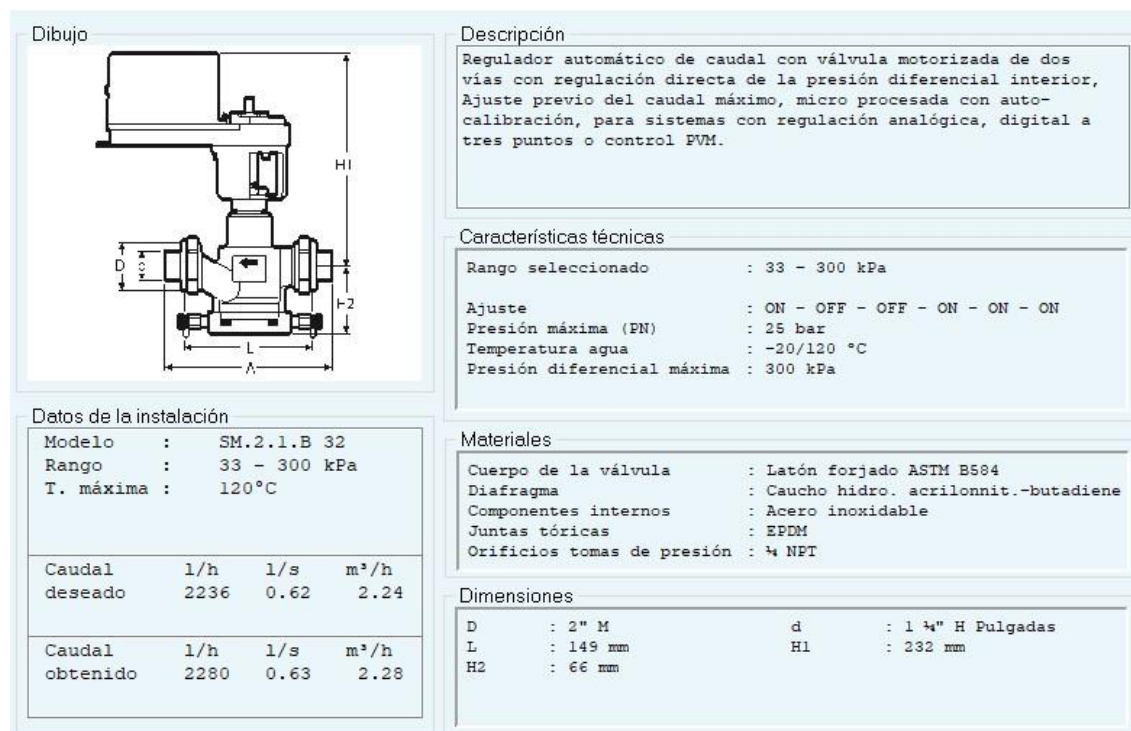


Ilustración 20. Regulador K-Flow Residencia Deportiva. Fuente: Sedical

9.5 Pabellón Pav-2

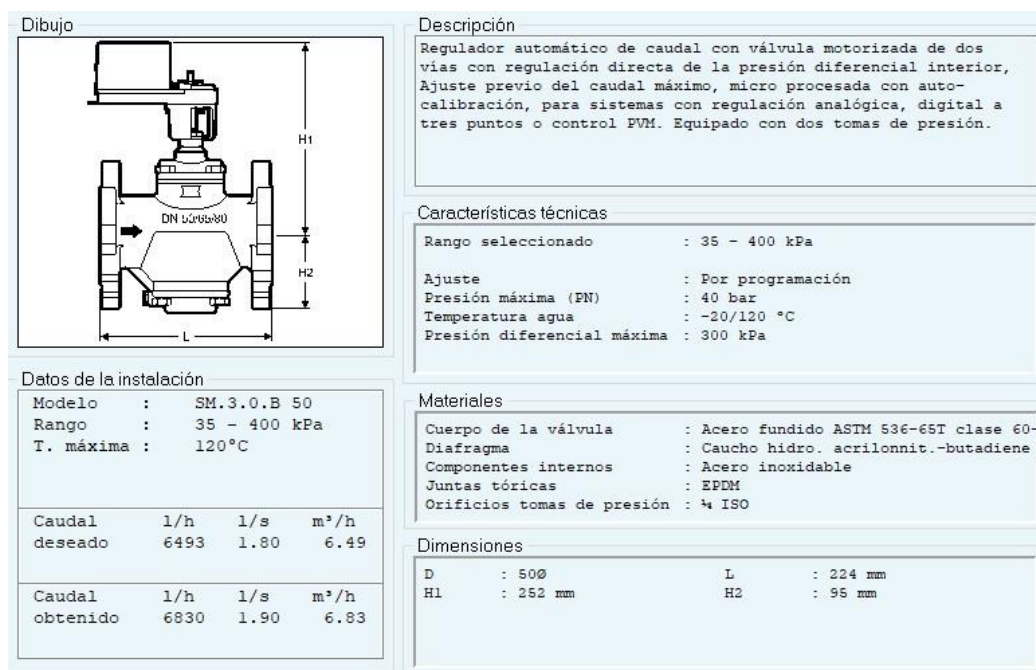


Ilustración 21. Regulador K-Flow Pav-2. Fuente: Sedical



9.6 Pabellón 1

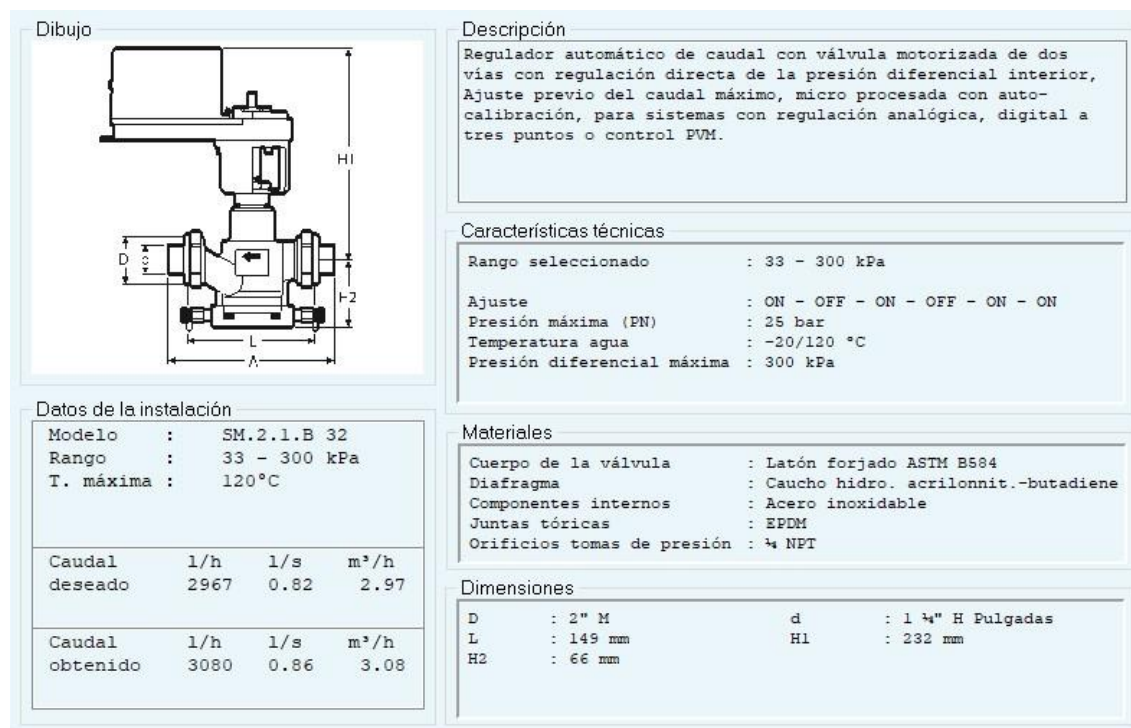


Ilustración 22. Regulador K-Flow Pabellón 1. Fuente: Sedical

9.7 Vestuarios Pistas de Fútbol

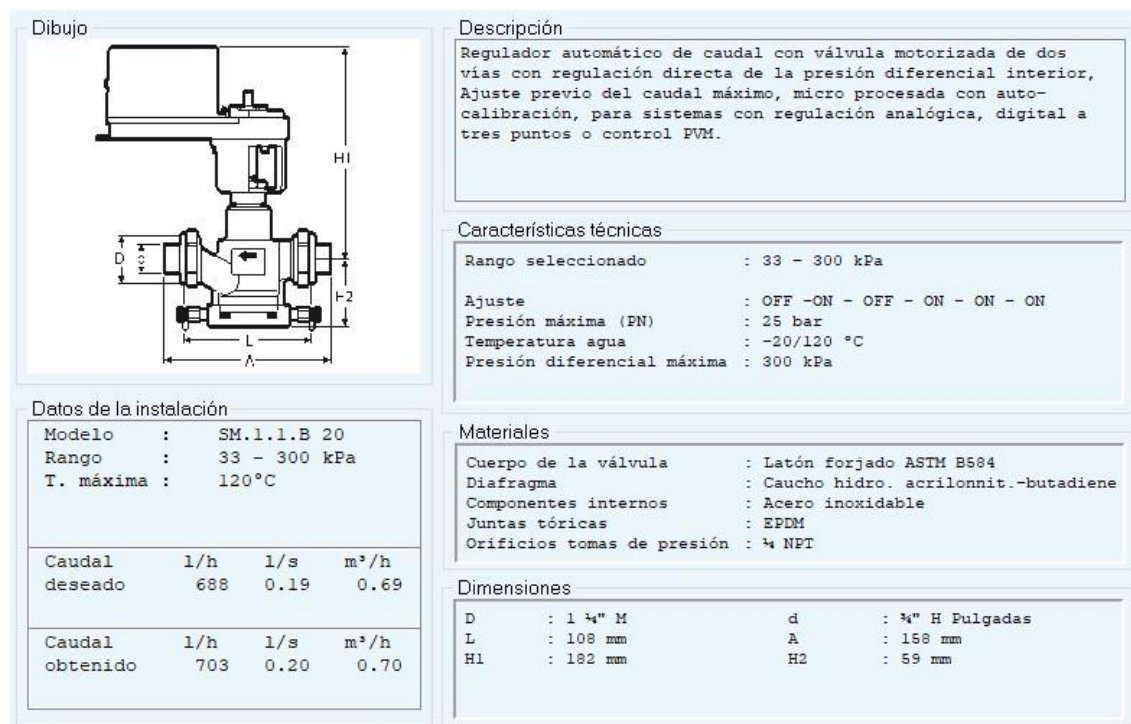


Ilustración 23. Regulador K-Flow Vestuarios Pistas de Fútbol. Fuente: Sedical



9.8 Pabellón de Atletismo

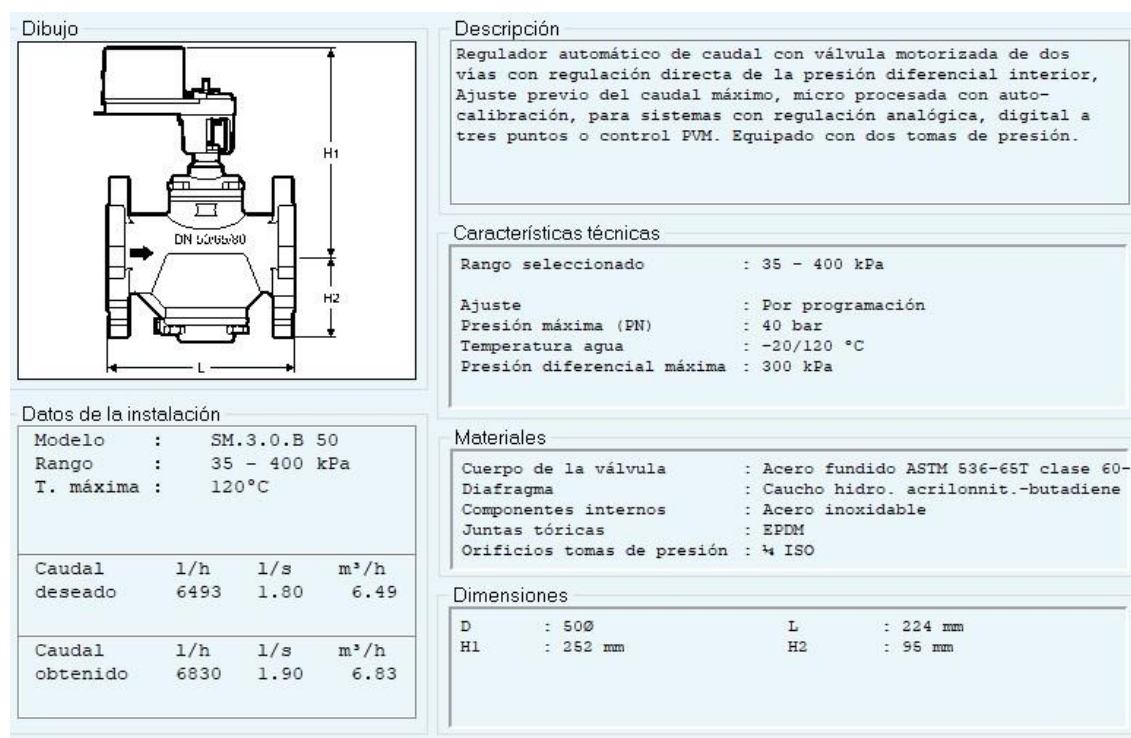


Ilustración 24. Regulador K-Flow Pabellón de Atletismo. Fuente: Sedical

9.9 Pabellón de Escalada

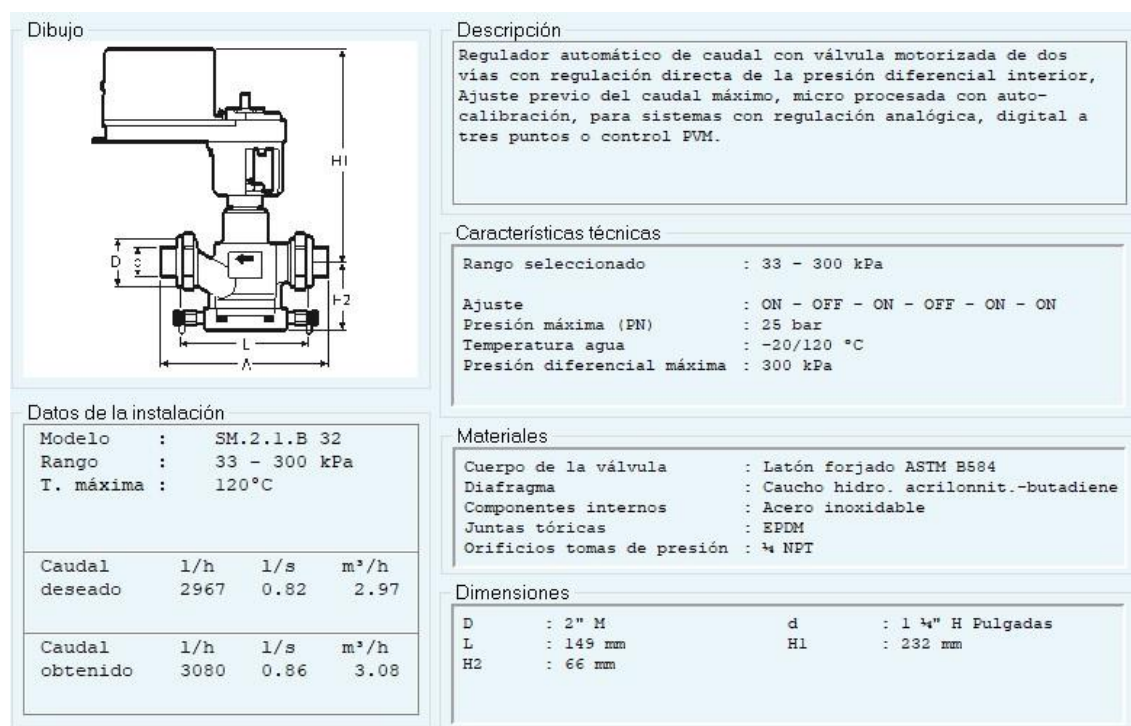


Ilustración 25. Regulador K-Flow Pabellón de Escalada. Fuente: Sedical



10. Equipos Complementarios

- Control en cascada para T- control (Terminal y activación), necesario para cada caldera.
- Válvula térmica de seguridad temperatura de apertura 108 °C, rosca interior 3/4".
- Regulador de tiro D = 250 mm con clapeta de sobrepresión.
- Kit básico rotativo modular para 400 -500 kW (Trifásico 400 V).
- Kit sinfín rotativo modular canal abierto para FM 399.
- Kit extensión sinfín rotativo modular para FM 399.
- Pie de soporte para el sinfín inclinado (Canal abierto)
- Pie de soporte para el sinfín inclinado (Canal cerrado)
- Tubo de conexión a RSE para FM 399.
- Kit básico para sistema de llenado vertical silo versión derecha.
- Cuadro de control para 3 motores.
- Módulo de llenado vertical con ruedas.
- Extensión de módulo de llenado con canal.
- Extensión sinfín horizontal para llenado de silos versión derecha
- Extensión sinfín vertical



ANEJO IV

CÁLCULO DE LA CHIMENEA



Índice

1.	Introducción	214
2.	Objeto	214
3.	Método de cálculo	214
4.	Datos de partida	214
5.	Caudal de los productos de combustión	215
6.	Densidad media de humos	215
7.	Temperatura de los productos de combustión	216
8.	Coeficiente Global de Calor	216
9.	Diámetro hidráulico	218
10.	Caída de presión por resistencia al movimiento	218
11.	Tiro natural	219
12.	Velocidad media de los humos	219
13.	Calor específico a presión constante de los humos	219
14.	Resultados Finales	220
15.	Características de la Chimenea	222



1. Introducción

En el presente documento, se redacta el cálculo de las dimensiones de la chimenea, de la estación de generación de energía del “Proyecto de implantación de una red District Heating de Biomasa para abastecimiento de servicios de calefacción y ACS del centro de tecnificación deportiva de la ciudad de Amposta”

2. Objeto

El objetivo principal de este análisis es:

- Realizar el cálculo del diámetro interior y exterior de la chimenea del sistema DH.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de solicitud de subvenciones para proyectos de redes de distribución de energía térmica con equipamientos de biomasa, cofinanciadas por el fondo europeo de desarrollo regional.

3. Método de cálculo

El cálculo de las chimeneas para la evacuación de humos de la unidad central se realiza según la norma EN 13384-1.

4. Datos de partida

INFORME DE CÁLCULO DE CHIMENEA EN DEPRESIÓN, SEGÚN EN13384-1			
DATOS DEL ENTORNO Y DEL GENERADOR			
Altitud	msnm	8	
Tª Amb. máxima	°C	30	
Tª Amb. mínima	°C	10	
Montaje		Interior	
Combustible		Madera	
Tipo de generador		Caldera presurizada	
Condensación		NO	
Modelo		Firematic 399	
		Nominal	Mínima
Potencia	kW	399	103,9
Rendimiento	%	94	93
Tª de humos	°C	140	90
Tiro mínimo	Pa	5	5
Caudal	kg/s	0,226	0,071
CO2	%	11,2	10,03



La chimenea será de doble pared de material acero inoxidable AISI 316L/304, por tratarse de combustible sólido tipo biomasa. El combustible empleado será Astilla 30%.

5. Caudal de los productos de combustión

Para el cálculo de este valor se emplea la siguiente expresión:

$$\dot{m} = 1,2 \times (PF + e \times PC) \times \frac{P}{\eta \times PCI}$$

Donde:

$$\dot{m} = \text{Caudal másico} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

$$PF = \text{Poder fumígeno del combustible} \left[\frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

$$PC = \text{Poder comburivero del combustible} \left[\frac{Nm^3}{Nm^3} \right]$$

$$\eta = \text{Rendimiento total del generador, referido al PCI del combustible}$$

$$PCI = \text{Poder calorífico inferior del combustible} \left[\frac{KJ}{Nm^3} \right]$$

$$P = \text{Potencia útil del generador} [kW]$$

$$e = \text{Exceso de aire}$$

Mediante la siguiente expresión se calcula el exceso de aire:

$$e = \left(\frac{CO_{2\max}}{CO_2} - 1 \right) \times C_c$$

Donde:

$$CO_{2\max} = \text{Contenido máximo de } CO_2 \text{ en humos en función del tipo combustible}$$

$$CO_2 = \text{Contenido máximo de } CO_2 \text{ en humos en función del régimen del generador}$$

$$C_c = \text{Coeficiente corrector del exceso de aire} = 0,97$$



6. Densidad media de humos

Se calcula a partir de la siguiente expresión

$$\rho_{HM} = \frac{10132 \times (1 - 0,00012 \times A)}{R \times T_{HM}} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Donde:

$$R = \text{Constante de elasticidad de los humos} \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

$$T_{HM} = \text{Temperatura media de los humos} [K]$$

$$A = \text{Altitud sobre el nivel del mar [msnm]}$$

7. Temperatura de los productos de combustión

Para un tramo concreto de la chimenea, la temperatura de salida de los humos y la temperatura media de los humos, se pueden calcular mediante la siguiente expresión:

$$T_{HS} = T_A + (T_{HE} - T_A) \times e - f_e$$

$$T_{HM} = T_A + \left(\frac{(T_{HE} - T_A)}{f_e} \right) \times (1 - e - f_e)$$

Donde:

$$f_e = \text{Factor de enfriamiento}$$

$$f_e = \frac{U \times S_I}{C_p \times \dot{m}}$$

Donde:

$$U = \text{Coeficiente global de transmisión de calor de la pared de la chimenea} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$S_I = \text{Superficie interior de la chimenea} [m^2]$$

$$C_p = \text{Calor especifico a presión constante de los humos} \left[\frac{J}{kgK} \right]$$



8. Coeficiente Global de Calor

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \beta \times \left(R + \frac{D_{hi}}{D_{hx}} \times \frac{1}{h_x} \right)}$$

Donde:

h_i = coeficiente superficial interior $\left[\frac{W}{m^2 \times K} \right]$, y se calcula a partir de:

$$h_i = \frac{\lambda_h}{Nu \times D_{hi}}$$

Donde:

$$\lambda_h = 0,023 + 8,5 \cdot 10^{-6} \times (T_{HM} - 273) = \text{Conductividad térmica de los humos} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$Nu = 0,034 \times a \times (Re^{0,75} - 180) = \text{Numero de Nusselt}$$

Donde:

$$a = 1,011665 + 0,152502 \times r - 0,0014167 \times r^2$$

Y el número de Reynolds (Re), corresponde a la siguiente expresión:

$$Re = \frac{v \times D_{hi}}{v_c}$$

Donde:

$$v = \text{velocidad media de los humos en la chimenea} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$D_{hi} = \text{Diametro hidráulico interior} [m]$$

$$v_c = \text{viscosidad cinemática de los gases} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

La viscosidad cinemática se calcula a partir de:



$$v_c = -6,631 \times 10^{-6} + 4,426 \times 10^{-8} \times T_{HM} + 7,523 \times 10^{-11} \times T_{HM}^2$$

R (m^2K/W), es la resistencia térmica de la pared de la chimenea, que se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$R = s \times D_{hi} \times \sum \left(\frac{1}{2 \times \lambda_n} \times \ln \left(\frac{D_{hin} + 2 \times \varepsilon_n}{D_{hin}} \right) \right)$$

Donde “n” indica la enésima capa y “s” es el coeficiente que depende de la forma y de la sección que en el caso de una sección circular toma el valor de 1.

El coeficiente superficial exterior h_x medido en W/m^2K , que depende de la ubicación de la caldera (exterior $25 W/m^2K$ o interior $8 W/m^2K$), para chimeneas que circulan tanto en el interior como en el exterior del equipamiento se utiliza la siguiente expresión:

$$h_x = \frac{8 \times S_{INT} + 25 \times S_{EXT}}{S_{INT} + S_{EXT}}$$

El coeficiente β tiene en cuenta las variaciones de temperatura, debidas a la regulación del quemador. En el caso de chimeneas metálicas:

- Todo-Nada 0,5
- Todo-Poco-Nada 0,6
- Modulante 0,8

9. Diámetro hidráulico

El diámetro hidráulico para una chimenea circular se define como:

$$D_H = D [m]$$

10. Caída de presión por resistencia al movimiento

La variación de presión debida a la resistencia al movimiento de los humos en la chimenea se calcula mediante la siguiente expresión:



$$\Delta P = \left(\sum_{\text{tramos}} \left[\rho_{HM} \times \frac{v_M^2}{2} \times \left(f \times \frac{l}{D_H} + \sum \xi \right) \right] + \Delta P_D \right) \times f_s [Pa]$$

Donde:

ρ_{HM} = Densidad media de los humos en el tramo $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

v_m = Velocidad media de los humos en el tramo considerado $\left[\frac{m}{s} \right]$

f = factor de fricción

l = Longitud del tramo considerado [m]

$\sum \xi$ = Sumatoria de los coeficientes de pérdidas de presión localizadas

ΔP_D = Variación de presión dinámica desde la entrada a la salida de la chimenea

$f_s = 1,2$ = Factor de seguridad para contrarrestar imperfecciones.

11. Tiro natural

El referido valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$t = g \times H(\rho_A - \rho_{HM}) [Pa]$$

Donde:

H = Altura eficaz [m]

$H = H_h + H_v$ = Altura tramo horizontal + Altura tramo vertical [m]

12. Velocidad media de los humos

Una aproximación del cálculo de la velocidad media de los humos, en función del caudal másico se obtiene de la siguiente función:

$$v = 7,1 + 2,03 \times x + 0,25 \times x^2 - 0,526 \times 10^{-3} \times x^3 - 3,109 \times 10^{-3} \times x^4$$

Donde:

$x = Ln(\dot{m})$

13. Calor específico a presión constante de los humos



Para un porcentaje de CO₂ del 8%, utilizamos la siguiente función:

$$C_p = 1074 + 0,166 \times T_{HM} - 1,548 \times 10^{-4} \times T_{HM}^3 \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

Donde:

T_{HM} = Temperatura media de los humos [K]

Para el cálculo del área de la sección transversal del tramo horizontal y vertical de la chimenea, se utiliza la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{\dot{v}}{v} [m^2 \text{ o en } mm^2]$$

La caída de presión final en la base de la chimenea se calcula mediante la expresión:

$$\Delta P = t_{VERTI} - \Delta P_{VERTI} [Pa]$$

14. Resultados Finales

INFORME DE CÁLCULO DE CHIMENEA EN DEPRESIÓN, SEGÚN EN13384-1

DATOS DEL ENTORNO Y DEL GENERADOR			
Altitud	msnm	8	
Tª Amb. máxima	°C	15	
Tª Amb. mínima	°C	10	
Montaje		Interior	
Combustible		Madera	
Tipo de generador		Caldera presurizada	
Condensación		NO	
Modelo		Firematic 399	
		Nominal	Mínima
Potencia	kW	399	103,9
Rendimiento	%	93,4	93,8
Tª de humos	°C	140	90
Tiro mínimo	Pa	5	5
Caudal	kg/s	0,226	0,071
CO ₂	%	11,2	10,03

DATOS DEL CONDUCTO

TRAMO HORIZONTAL (COND. UNION)

Longitud total	m	1
Altura total	m	

TRAMO VERTICAL

Altura total	m	5,3
--------------	---	-----



Longitud total m 5,3
Conexión Te de 90° :1
Tipo de salida Salida libre

CÁLCULOS Y COMPROBACIONES

Primer requisito de presión		Pz	≥	Pze	Cumple
Potencia nominal	Pa	11,31		5,24	SI
Potencia mínima	Pa	10,65		5,03	SI
Segundo requisito de presión		Pz	≥	Pb	Cumple
Potencia nominal	Pa	11,31		0	SI
Potencia mínima	Pa	10,65		0	SI
Tiro de la instalación		Pz-Pze			
Potencia nominal	Pa	6,07			
Potencia mínima	Pa	5,62			

REQUISITOS DE TEMPERATURA

Primer requisito de temperatura		Tiob	≥	Tg	Cumple
Potencia nominal	°C	121,2		0	SI
Potencia mínima	°C	66,2		5,03	SI

DIMENSIONADO

TRAMO HORIZONTAL

Gama		DP
Diámetro interior	mm	350
Diámetro exterior	mm	410
Designación EN 1856-1		T600 N1 D V2 GXX

TRAMO VERTICAL

Gama		DP
Diámetro interior	mm	350
Diámetro exterior	mm	410
Designación EN 1856-1		T600 N1 D V2 GXX

		Nominal	Mínima
Velocidad media de los humos	m/s	2,8	0,8
Tª media de los humos	°C	136	85
Tª media de la pared exterior	°C	29	21

SALIDA DE LA CHIMENEA

		Nominal	Mínima
Velocidad de los humos	m/s	2,8	0,8
Tª de los humos	°C	133	81
Tª de la pared exterior	°C	29	21



15. Características de la Chimenea

Tabla 1. Características de la Chimenea

	Chimenea Firematic 399
Gama	Dinak DP
Longitud aproximada total por chimenea (m)	6
Diámetro Interior (mm)	350
Diámetro Exterior (mm)	410
Material Interior	AISI-316 L / 1,4404
Material exterior	AISI -304 / 1,4301

Fuente: El Autor



ANEJO V

CÁLCULOS HIDRÁULICOS



Índice

1.	Introducción	227
2.	Objeto	227
3.	Cálculo de la red de tuberías	227
3.1	Cálculo del caudal circulante	228
3.2	Cálculo del diámetro de las tuberías	229
4.	Cálculo de pérdidas de carga	230
4.1	Pérdidas de carga continuas	230
4.1.1	Velocidades en tramos de tuberías	232
4.1.2	Parámetros de Diseño	232
4.1.3	Cálculo del número de Reynolds	233
4.1.4	Cálculo del factor de fricción	235
4.1.5	Resultados perdidas por fricción	238
4.2	Pérdida de carga localizada	239
4.2.1	Pérdida de carga singular por tramos de conducción	240
4.3	Pérdida de carga en intercambiadores	253
5.	Pérdidas de energía	256
5.1	Valor límite de Pérdidas de Energía	256
5.2	Procedimiento Alternativo de Cálculo	257
6.	Volumen de agua de la red	259
7.	Diseño y cálculo del depósito de inercia	260
8.	Cálculo del volumen mínimo del vaso de expansión	262
8.1	Depósito de expansión protección circuito primario	262
8.2	Depósito de expansión protección circuito calderas	264
		225



9.	Bombas	266
9.1	Selección de bombas de circulación	266
10.	Diseño del Colector	268
11.	Zanjas	270



1. Introducción

En el presente documento, se redacta el cálculo de la instalación hidráulica, del “Proyecto de implantación de una red District Heating de Biomasa para Abastecimiento de Servicios de Calefacción y ACS del Centro de Tecnificación Deportiva de la ciudad de Amposta”

2. Objeto

El objetivo principal de este análisis es:

- Definir los componentes principales para el correcto diseño hidráulico de la red de calor.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de Solicitud de Subvenciones para Proyectos de Redes de Distribución de Energía Térmica con Equipamientos de Biomasa, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

3. Cálculo de la red de tuberías

En este apartado indica, el cálculo de la sección de las tuberías de cada uno de los tramos de la red DH (ilustración 1). Se hace referencia al documento III: Planos, plano N. °3, en donde se caracterizan los tramos de la red de tuberías.



Ilustración 59. Esquema Tramos de la Red DH Del CTD de Amposta

Los parámetros iniciales de cálculo son los siguientes:

- Temperatura de Impulsión: 95 °C
- Temperatura de Retorno: 75 °C



- Salto Térmico de la Red: 20 °C
- Velocidad de Diseño del Fluido: 1,5 m/s
- Temperatura Ambiente Media: 18 °C
- Pérdida de Carga Máxima Admisible 270 Pa/m
- Horas de Uso Anuales 3168 h
- Profundidad de Zanjas 60 cm

3.1 Cálculo del caudal circulante

Para el cálculo del caudal de agua, que circula por cada tramo de la instalación, se hace uso de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{0,86 \times P}{\Delta T} [l/h]$$

Donde:

$P = \text{Potencia [kW]}$

$\Delta T = \text{Salto térmico [°C]}$

A partir de la potencia de las calderas y del consumo de cada instalación, se calcula la potencia de las subestaciones, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 61. Potencia de las Sub Estaciones (kW)

RED DISTRICT HEATING		
SUBESTACIONES	CONSUMO (kWh)	Potencia (kW)
Campo de futbol	69.759,00	151,00
Vestuario piscina	83.605,60	90,00
Piscina Interior	418.028,00	360,00
Residencia Deportiva	69.557,00	52,00
Pav-2	70.085,90	151,00
Pabellón 1	35.178,00	69,00
Pabellón 3	76.564,35	16,00
Atletismo	69.574,10	151,00
Escalada	37.746,50	69,00
TOTAL	950.999,84	1.109,00

Fuente: El Autor

Al tratarse de un sistema de distribución, de trazado paralelo y retorno directo, los caudales que circulan en los tramos de impulsión y retorno serán iguales. En la siguiente tabla, se detallan los resultados del cálculo de caudales.

Tabla 62 Caudal de Diseño en Tramos de Tuberías



TRAMO	POTENCIA (kW)	V. Diseño (m/s)	Q (l/h)	Q (m³/s)
1	399,00	1,50	17.157,00	0,00477
2	399,00	1,50	17.157,00	0,00477
3	798,00	1,50	34.314,00	0,00953
4	798,00	1,50	34.314,00	0,00953
5	798,00	1,50	34.314,00	0,00953
A-Á	1.109,00	1,50	47.687,00	0,01325
Á-B	151,00	1,50	6.493,00	0,00180
Á-C	958,00	1,50	41.194,00	0,01144
C-D	755,00	1,50	32.465,00	0,00902
D-E	450,00	1,50	19.350,00	0,00538
E-F	450,00	1,50	19.350,00	0,00538
E-F'	360,00	1,50	15.480,00	0,00430
E-F''	90,00	1,50	3.870,00	0,00108
C-G	203,00	1,50	8.729,00	0,00242
G-H	52,00	1,50	2.236,00	0,00062
H-I	52,00	1,50	2.236,00	0,00062
G-J	151,00	1,50	6.493,00	0,00180
J-K	151,00	1,50	6.493,00	0,00180
K-L	151,00	1,50	6.493,00	0,00180
D-M	305,00	1,50	13.115,00	0,00364
M-N	305,00	1,50	13.115,00	0,00364
N-O	69,00	1,50	2.967,00	0,00082
N-P	236,00	1,50	10.148,00	0,00282
P-Q	16,00	1,50	688,00	0,00019
P-R	220,00	1,50	9.460,00	0,00263
R-S	220,00	1,50	9.460,00	0,00263
R-S'	151,00	1,50	6.493,00	0,00180
R-S''	69,00	1,50	2.967,00	0,00082

Fuente: El Autor

3.2 Cálculo del diámetro de las tuberías

Para el cálculo de la sección y diámetro de tuberías se emplean las siguientes expresiones:

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{\text{Caudal } [m^3/s]}{\text{velocidad } [m/s]} [m^2]$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times S}{\pi}} [m]$$

Para el cálculo del diámetro de las tuberías se imponen dos criterios:

- La velocidad del fluido 1,5 m/s



- La pérdida de carga máxima admisible es de 270 Pa /m

Una vez calculados los diámetros fijando la velocidad, se seleccionará el diámetro de la tubería en el catálogo del fabricante, seguidamente se recalculará la velocidad real en cada tramo y se calculará el factor de fricción.

Posteriormente se calcularán las pérdidas por fricción y se ha de cumplir para finalizar que la pérdida de carga máxima en cada tramo no supere los 270 Pa / m.

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de los resultados correspondientes al cálculo de la sección de las tuberías.

Tabla 63. Diámetro Nominal de las Tuberías

TRAMO	Q (m³/s)	SECCIÓN (m²)	D (mm)	MATERIAL	DN
1	0,0048	0,0032	63,6032	Acero negro DIN 2440	65
2	0,0048	0,0032	63,6032	Acero negro DIN 2440	65
3	0,0095	0,0064	89,9485	Acero negro DIN 2440	100
4	0,0095	0,0064	89,9485	Acero negro DIN 2440	100
5	0,0095	0,0064	89,9485	Acero negro DIN 2440	100
A-Á	0,0132	0,0088	106,0372	Acero pre aislado EN 253	125
Á-B	0,0018	0,0012	39,1274	Acero pre aislado EN 253	50
Á-C	0,0114	0,0076	98,5542	Acero pre aislado EN 253	100
C-D	0,0090	0,0060	87,4915	Acero pre aislado EN 253	100
D-E	0,0054	0,0036	67,5458	Acero pre aislado EN 253	80
E-F	0,0054	0,0036	67,5458	Acero pre aislado EN 253	80
E-F'	0,0043	0,0029	60,4148	Acero pre aislado EN 253	65
E-F''	0,0011	0,0007	30,2074	Acero pre aislado EN 253	40
C-G	0,0024	0,0016	45,3670	Acero pre aislado EN 253	50
G-H	0,0006	0,0004	22,9612	Acero pre aislado EN 253	32
H-I	0,0006	0,0004	22,9612	Acero pre aislado EN 253	32
G-J	0,0018	0,0012	39,1274	Acero pre aislado EN 253	50
J-K	0,0018	0,0012	39,1274	Acero pre aislado EN 253	50
K-L	0,0018	0,0012	39,1274	Acero pre aislado EN 253	50
D-M	0,0036	0,0024	55,6086	Acero pre aislado EN 253	65
M-N	0,0036	0,0024	55,6086	Acero pre aislado EN 253	65
N-O	0,0008	0,0005	26,4495	Acero pre aislado EN 253	32
N-P	0,0028	0,0019	48,9157	Acero pre aislado EN 253	65
P-Q	0,0002	0,0001	12,7366	Acero pre aislado EN 253	20
P-R	0,0026	0,0018	47,2285	Acero pre aislado EN 253	65
R-S	0,0026	0,0018	47,2285	Acero pre aislado EN 253	65
R-S'	0,001804	0,001202	39,12739015	Acero pre aislado EN 253	50
R-S''	0,000824	0,000549	26,4494687	Acero pre aislado EN 253	32

Fuente: El Autor

4. Cálculo de Pérdidas de Carga

4.1 Pérdida de por Fricción

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se hace uso de la Ecuación de Darcy



$$h_f = \frac{8 \times f \times L}{\pi^2 \times g \times D^5} \times Q^2 \text{ [mca]}$$

Donde:

h_f = Pérdidas por fricción [mca]

f = Factor de fricción [-]

L = Longitud de la tubería [m]

g = Aceleración de la gravedad = $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

D = Diámetro interior de la tubería [m]

- Para el cálculo del factor de fricción se utiliza la expresión de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt[2]{f}} = -2,0 \times \log_{10} \left[\frac{\varepsilon_r}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt[2]{f}} \right] \text{ [-]}$$

Donde:

f = Factor de fricción [-]

ε_r = Rugosidad de la tubería (acero) = 0,045 [mm]

Re = Número de Reynolds

D = Diámetro interior de la tubería [mm].

- Para calcular el número de Reynolds se usa la siguiente expresión

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu} \text{ [-]}$$

Donde:

V = Velocidad del fluido $\left[\frac{m}{s} \right]$

D = Diámetro de la tubería [m]

ρ = densidad del fluido $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$



- A partir del diámetro comercial seleccionado se ha de recalcular la velocidad, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$V = \frac{4000 \times Q \text{ (l/s)}}{\pi \times D^2 \text{ (mm}^2\text{)}} [m/s]$$

4.1.1 Velocidades en tramos de tuberías

En la siguiente tabla, se detalla el cálculo de velocidades en tramos de tuberías

Tabla 64. Velocidad Real en Tramos de Tuberías (m/s)

TRAMO	DN	D (mm)	e (mm)	D int (mm)	Q (m3/s)	V real (m/s)
1	65	76,100	2,900	70,300	0,00477	1,228
2	65	76,100	2,900	70,300	0,00477	1,228
3	100	114,300	3,600	107,100	0,00953	1,058
4	100	114,300	3,600	107,100	0,00953	1,058
5	100	114,300	3,600	107,100	0,00953	1,058
A-Á	125	139,700	3,600	132,500	0,01325	0,961
Á-B	50	60,300	2,900	54,500	0,00180	0,773
Á-C	100	114,300	3,600	107,100	0,01144	1,270
C-D	100	114,300	3,600	107,100	0,00902	1,001
D-E	80	88,900	3,200	82,500	0,00538	1,005
E-F	80	88,900	3,200	82,500	0,00538	1,005
E-F'	65	76,100	2,900	70,300	0,00430	1,108
E-F''	40	48,300	2,600	43,100	0,00108	0,737
C-G	50	60,300	2,900	54,500	0,00242	1,039
G-H	32	42,400	2,600	37,200	0,00062	0,571
H-I	32	42,400	2,600	37,200	0,00062	0,571
G-J	50	60,300	2,900	54,500	0,00180	0,773
J-K	50	60,300	2,900	54,500	0,00180	0,773
K-L	50	60,300	2,900	54,500	0,00180	0,773
D-M	65	76,100	2,900	70,300	0,00364	0,939
M-N	65	76,100	2,900	70,300	0,00364	0,939
N-O	32	42,400	2,600	37,200	0,00082	0,758
N-P	65	76,100	2,900	70,300	0,00282	0,726
P-Q	20	26,900	2,600	21,700	0,00019	0,517
P-R	65	76,100	2,900	70,300	0,00263	0,677
R-S	65	76,100	2,900	70,300	0,00263	0,677
R-S'	50	60,300	2,900	54,500	0,00180	0,773
R-S''	32	42,400	2,600	37,200	0,00082	0,758

Fuente: El Autor

4.1.2 Parámetros de Diseño

A continuación, se resumen los parámetros de diseño de la red de tuberías:



Tabla 65. Parámetros de Diseño

PARÁMETROS DE DISEÑO		
FLUIDO	Agua	
TEMPERATURA	95-75	°C
MATERIAL TUBERIA	Acero negro	DIN 2440
MATERIAL TUBERIA	Acero pre aislado	EN 253
PRESIÓN INICIAL	5-10	bar
RUGOSIDAD	0,0007	mm
RUGOSIDAD	0,045	mm

Fuente: El Autor

Tabla 66. Características del Fluido a 95°C

CARACTERÍSTICAS AGUA (Impulsión)			
Densidad	ρ	kg/m ³	961,620
Viscosidad dinámica	μ	Pa. s	2,98E-04
Viscosidad cinemática	ν	m ² /s	3,10E-07

Fuente: El Autor

Tabla 67. Características del Fluido a 75°C

CARACTERÍSTICAS AGUA (Retorno)			
Densidad	ρ	kg/m ³	974,680
Viscosidad dinámica	μ	Pa. s	3,78E-04
Viscosidad cinemática	ν	m ² /s	3,88E-07

Fuente: El Autor



4.1.3 Cálculo del número de Reynolds

En la siguiente tabla, se detallan los resultados del cálculo del número de Reynolds, para cada uno de los tramos de las tuberías de impulsión.

Tabla 68. Número de Reynolds para tramos en Tuberías de Impulsión

TRAMO (ida)	D int (m)	V real (m/s)	ρ (kg/m ³) T ^a =95 °C	μ (Ns/m ²) T ^a =95 °C	Re (95 °C)
1	0,0703	1,2278	961,700	2,98E-04	278.558,87
2	0,0703	1,2278	961,700	2,98E-04	278.558,87
3	0,1071	1,0580	961,700	2,98E-04	365.689,80
4	0,1071	1,0580	961,700	2,98E-04	365.689,80
5	0,1071	1,0580	961,700	2,98E-04	365.689,80
A-Á	0,1325	0,9607	961,700	2,98E-04	410.785,49
Á-B	0,0545	0,7731	961,700	2,98E-04	135.981,51
Á-C	0,1071	1,2702	961,700	2,98E-04	439.011,06
C-D	0,1071	1,0010	961,700	2,98E-04	345.984,71
D-E	0,0825	1,0055	961,700	2,98E-04	267.705,93
E-F	0,0825	1,0055	961,700	2,98E-04	267.705,93
E-F'	0,0703	1,1078	961,700	2,98E-04	251.331,31
E-F''	0,0431	0,7368	961,700	2,98E-04	102.486,03
C-G	0,0545	1,0394	961,700	2,98E-04	182.809,58
G-H	0,0372	0,5715	961,700	2,98E-04	68.605,64
H-I	0,0372	0,5715	961,700	2,98E-04	68.605,64
G-J	0,0545	0,7731	961,700	2,98E-04	135.981,51
J-K	0,0545	0,7731	961,700	2,98E-04	135.981,51
K-L	0,0545	0,7731	961,700	2,98E-04	135.981,51
D-M	0,0703	0,9386	961,700	2,98E-04	212.933,47
M-N	0,0703	0,9386	961,700	2,98E-04	212.933,47
N-O	0,0372	0,7583	961,700	2,98E-04	91.034,41
N-P	0,0703	0,7262	961,700	2,98E-04	164.761,64
P-Q	0,0217	0,5167	961,700	2,98E-04	36.187,59
P-R	0,0703	0,6770	961,700	2,98E-04	153.591,36
R-S	0,0703	0,6770	961,700	2,98E-04	153.591,36
R-S'	0,0545	0,7731	961,700	2,98E-04	135.981,51
R-S''	0,0372	0,7583	961,700	2,98E-04	91.034,41

Fuente: El Autor



A continuación, se detallan los resultados del cálculo del número de Reynolds, para cada uno de los tramos de las tuberías de retorno.

Tabla 69. Número de Reynolds para tramos en Tuberías de Retorno

TRAMO (retorno)	D int (m)	V real (m/s)	ρ (kg/m ³) T ^a =75 °C	μ (Ns/m ²) T ^a =75 °C	Re (75°C)
1	0,0703	1,2278	974,800	3,78E-04	222.596,00
2	0,0703	1,2278	974,800	3,78E-04	222.596,00
3	0,1071	1,0580	974,800	3,78E-04	292.222,21
4	0,1071	1,0580	974,800	3,78E-04	292.222,21
5	0,1071	1,0580	974,800	3,78E-04	292.222,21
A-Á	0,1325	0,9607	974,800	3,78E-04	328.258,11
Á-B	0,0545	0,7731	974,800	3,78E-04	108.662,64
Á-C	0,1071	1,2702	974,800	3,78E-04	350.813,12
C-D	0,1071	1,0010	974,800	3,78E-04	276.475,90
D-E	0,0825	1,0055	974,800	3,78E-04	213.923,43
E-F	0,0825	1,0055	974,800	3,78E-04	213.923,43
E-F'	0,0703	1,1078	974,800	3,78E-04	200.838,50
E-F''	0,0431	0,7368	974,800	3,78E-04	81.896,44
C-G	0,0545	1,0394	974,800	3,78E-04	146.082,88
G-H	0,0372	0,5715	974,800	3,78E-04	54.822,67
H-I	0,0372	0,5715	974,800	3,78E-04	54.822,67
G-J	0,0545	0,7731	974,800	3,78E-04	108.662,64
J-K	0,0545	0,7731	974,800	3,78E-04	108.662,64
K-L	0,0545	0,7731	974,800	3,78E-04	108.662,64
D-M	0,0703	0,9386	974,800	3,78E-04	170.154,84
M-N	0,0703	0,9386	974,800	3,78E-04	170.154,84
N-O	0,0372	0,7583	974,800	3,78E-04	72.745,47
N-P	0,0703	0,7262	974,800	2,98E-04	167.005,97
P-Q	0,0217	0,5167	974,800	2,98E-04	36.680,53
P-R	0,0703	0,6770	974,800	2,98E-04	155.683,54
R-S	0,0703	0,6770	974,800	2,98E-04	155.683,54
R-S'	0,0545	0,7731	974,800	2,98E-04	137.833,81
R-S''	0,0372	0,7583	974,800	2,98E-04	92.274,45

Fuente: El Autor

4.1.4 Cálculo del factor de fricción

Para el cálculo del factor de fricción se realizan cuatro iteraciones haciendo uso de la expresión de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt[2]{f}} = -2,0 \times \log_{10} \left[\frac{\varepsilon_r}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt[2]{f}} \right] [-]$$



Realizando 4 iteraciones, se obtienen los siguientes resultados del cálculo del factor de fricción, en los tramos de tuberías de impulsión, tal como se detalla en la siguiente tabla

Tabla 70. Factor de Fricción en Tuberías de Impulsión

TRAMO	IMPULSIÓN				
	f_0	f'	f''	f'''	f''''
1	0,02000	0,01432	0,01481	0,01476	0,01477
2	0,02000	0,01432	0,01481	0,01476	0,01477
3	0,02000	0,01353	0,01406	0,01401	0,01401
4	0,02000	0,01353	0,01406	0,01401	0,01401
5	0,02000	0,01353	0,01406	0,01401	0,01401
A-Á	0,02000	0,01670	0,01681	0,01680	0,01680
Á-B	0,02000	0,02099	0,02094	0,02094	0,02094
Á-C	0,02000	0,01720	0,01728	0,01728	0,01728
C-D	0,02000	0,01747	0,01756	0,01755	0,01755
D-E	0,02000	0,01856	0,01861	0,01861	0,01861
E-F	0,02000	0,01856	0,01861	0,01861	0,01861
E-F'	0,02000	0,01462	0,01510	0,01505	0,01505
E-F''	0,02000	0,01777	0,01801	0,01798	0,01799
C-G	0,02000	0,02047	0,02045	0,02046	0,02045
G-H	0,02000	0,02393	0,02368	0,02369	0,02369
H-I	0,02000	0,02393	0,02368	0,02369	0,02369
G-J	0,02000	0,02099	0,02094	0,02094	0,02094
J-K	0,02000	0,02099	0,02094	0,02094	0,02094
K-L	0,02000	0,02099	0,02094	0,02094	0,02094
D-M	0,02000	0,01939	0,01941	0,01941	0,01941
M-N	0,02000	0,01939	0,01941	0,01941	0,01941
N-O	0,02000	0,02320	0,02304	0,02305	0,02305
N-P	0,02000	0,01982	0,01983	0,01983	0,01983
P-Q	0,02000	0,02818	0,02756	0,02760	0,02760
P-R	0,02000	0,01995	0,01995	0,01995	0,01995
R-S	0,02000	0,01995	0,01995	0,01995	0,01995
R-S'	0,02000	0,02099	0,02094	0,02094	0,02094
R-S''	0,02000	0,02320	0,02304	0,02305	0,02305

Fuente: El Autor



Realizando 4 iteraciones se obtienen los siguientes resultados del cálculo del factor de fricción, en los tramos de tuberías de retorno, mostrada en la tabla siguiente.

Tabla 71. Factor de Fricción en Tuberías de Retorno

TRAMO	RETORNO				
	f ₀	f'	f''	f'''	f''''
1	0,02000	0,01499	0,01545	0,01540	0,01540
2	0,02000	0,01499	0,01545	0,01540	0,01540
3	0,02000	0,01414	0,01465	0,01460	0,01460
4	0,02000	0,01414	0,01465	0,01460	0,01460
5	0,02000	0,01414	0,01465	0,01460	0,01460
A-Á	0,02000	0,01699	0,01711	0,01710	0,01710
Á-B	0,02000	0,02146	0,02138	0,02139	0,02139
Á-C	0,02000	0,01745	0,01754	0,01754	0,01754
C-D	0,02000	0,01778	0,01787	0,01786	0,01786
D-E	0,02000	0,01889	0,01894	0,01894	0,01894
E-F	0,02000	0,01889	0,01894	0,01894	0,01894
E-F'	0,02000	0,01531	0,01575	0,01570	0,01571
E-F''	0,02000	0,01871	0,01886	0,01884	0,01884
C-G	0,02000	0,02085	0,02081	0,02081	0,02081
G-H	0,02000	0,02462	0,02428	0,02431	0,02430
H-I	0,02000	0,02462	0,02428	0,02431	0,02430
G-J	0,02000	0,02146	0,02138	0,02139	0,02139
J-K	0,02000	0,02146	0,02138	0,02139	0,02139
K-L	0,02000	0,02146	0,02138	0,02139	0,02139
D-M	0,02000	0,01976	0,01977	0,01977	0,01977
M-N	0,02000	0,01976	0,01977	0,01977	0,01977
N-O	0,02000	0,02376	0,02354	0,02355	0,02355
N-P	0,02000	0,01979	0,01980	0,01980	0,01980
P-Q	0,02000	0,02813	0,02752	0,02756	0,02756
P-R	0,02000	0,01993	0,01993	0,01993	0,01993
R-S	0,02000	0,01993	0,01993	0,01993	0,01993
R-S'	0,02000	0,02096	0,02092	0,02092	0,02092
R-S''	0,02000	0,02317	0,02301	0,02302	0,02302

Fuente: El Autor



4.1.5 Resultados perdidas por fricción

- En la siguiente tabla un resumen de los resultados de pérdidas por fricción en las tuberías de impulsión y retorno

Tabla 72. Pérdidas por Fricción en las Tuberías del Sistema DH

TRAMO	hf (mca)			Perd. Carga Max. Adm. 270 Pa/m	
	IMPULSIÓN	RETORNO	TOTAL (tramo)		
1	0,1614	0,1683	0,3298	158,2951	165,0828
2	0,1614	0,1683	0,3298	158,2951	165,0828
3	0,0747	0,0778	0,1525	73,2138	76,2919
4	0,0747	0,0778	0,1525	73,2138	76,2919
5	0,0747	0,0778	0,1525	73,2138	76,2919
A-Á	0,0298	0,0304	0,0602	58,4976	59,5442
Á-B	1,2995	1,3271	2,6266	114,8057	117,2430
Á-C	0,4112	0,4174	0,8286	130,0820	132,0316
C-D	0,0921	0,0937	0,1858	82,0868	83,5291
D-E	0,2441	0,2484	0,4925	113,9860	116,0028
E-F	0,0232	0,0237	0,0469	113,9860	116,0028
E-F'	0,1339	0,1398	0,2737	131,3510	137,0487
E-F''	0,1155	0,1210	0,2364	113,2455	118,6212
C-G	1,7153	1,7455	3,4608	202,6612	206,2250
G-H	0,8906	0,9135	1,8041	103,9671	106,6464
H-I	0,0371	0,0381	0,0752	103,9671	106,6464
G-J	0,0878	0,0897	0,1775	114,8057	117,2430
J-K	0,9834	1,0043	1,9877	114,8057	117,2430
K-L	0,0702	0,0717	0,1420	114,8057	117,2430
D-M	0,1797	0,1831	0,3628	121,5547	123,8172
M-N	0,4958	0,5050	1,0009	121,5547	123,8172
N-O	0,1997	0,2041	0,4038	178,0448	181,9369
N-P	0,9022	0,9011	1,8032	74,3447	74,2548
P-Q	0,1212	0,1210	0,2421	169,7472	169,4819
P-R	0,4310	0,4305	0,8615	65,0235	64,9415
R-S	0,1061	0,1060	0,2120	65,0235	64,9415
R-S'	0,1171	0,1169	0,2340	114,8057	114,6706
R-S''	1,0894	1,0880	2,1774	178,0448	177,8292
TOTAL			20,8126		

Fuente: El Autor



4.2 Pérdida de carga localizada

Las pérdidas menores o localizadas, las producen los elementos o accesorios para el montaje de la red tales como válvulas, acoplamientos, reducciones, codos, cambios de dirección y todos aquellos elementos que disipan la energía.

Las pérdidas de carga localizadas, salvo algunas excepciones, solo se pueden determinar de forma experimental y como son generadas por turbulencias que disipan energía, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante el coeficiente empírico K, el cual es un coeficiente adimensional y depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería.

- Las pérdidas menores en un elemento que se puede expresar como:

$$h_m = K \times \frac{v^2}{2 \times g} = \frac{8 \times K}{\pi^2 \times g \times D^4} \times Q^2 = 0,0826 \times K \times D^{-4} \times Q^2 [mca]$$

- Para cálculos rápidos se suelen adoptar los siguientes valores aproximados de K:

Tabla 73. Valores Coeficiente K para Accesorios de Red

ACCESORIOS	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10,00	350,00
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5,00	175,00
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,50	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2,00	135,00
Válvula de compuerta totalmente abierta	0,20	13,00
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35,00
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,60	160,00
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24,00	900,00
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40,00
T por salida lateral	1,80	67,00
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32,00
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27,00
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20,00
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Fuente Cátedra de Ingeniería Rural EUITCR



Otra forma de expresar las pérdidas localizadas es mediante el concepto de longitud equivalente. Es un método no completamente exacto pero válido a efectos de aproximar las pérdidas menores. La longitud equivalente puede determinarse utilizando la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{K \times D}{f}$$

Donde:

K = Coeficiente empírico del elemento

D = Diámetro de la tubería a la que va conectado el elemento

f = Factor de fricción de la tubería a la que se conecta el elemento

En los casos de redes donde aparecen muchos elementos y que prácticamente resulta imposible añadirlos uno a uno, se simplifica el cálculo suponiendo que las pérdidas menores suponen un porcentaje del 5 – 10 % de las pérdidas continuas.

4.2.1 Pérdida de Carga singular por Tramos

❖ TRAMO 1

Singularidades (Impulsión) con un caudal de 17,157 m³/h:

- 1 Válvula de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 12,7$
- $V = 1,2278$ m/s

Singularidades (Retorno) con un caudal de 17,157 m³/h:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 3 Codos a 90°
- 1 Te salida lateral
- 2 Válvulas de retención
- 1 Válvula de equilibrado motorizada de 3 vías
- $\sum K = 31$
- $V = 1,2278$ m/s



❖ TRAMO 2

Singularidades (Impulsión) con un caudal de 17,157 m³/h:

- 1 Válvula de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 12,7$
- $V = 1,2278$ m/s

Singularidades (Retorno) con un caudal de 17,157 m³/h:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 3 Codos a 90°
- 1 Te salida lateral
- 2 Válvulas de retención
- 1 Válvula de equilibrado motorizada de 3 vías
- $\sum K = 31$
- $V = 1,2278$ m/s

❖ TRAMO 3

Singularidades (Impulsión) con un caudal de 34,314 m³/h:

- 1 Válvula de corte tipo esfera
- $\sum K = 10$
- $V = 1,0580$ m/s

Singularidades (Retorno) con un caudal de 34,314 m³/h:

- 1 Válvula de corte tipo esfera
- $\sum K = 10$
- $V = 1,0580$ m/s

❖ TRAMO 4

Singularidades (Impulsión) con un caudal de 34,314 m³/h:



- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 2 Codos a 90°
- $\sum K = 21,8$
- $V = 1,0580 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $34,314 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 2 Codos a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 1,0580 \text{ m/s}$

❖ TRAMO 5

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $34,314 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 4 Codos a 90°
- 4 Válvulas de control anticipadora de onda
- $\sum K = 31,1$
- $V = 1,0580 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $34,314 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 4 Codos a 90°
- $\sum K = 23,6$
- $V = 1,0580 \text{ m/s}$

❖ TRAMO A-Á

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $47,687 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$



- $V = 0,9607 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $47,687 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$
- $V = 0,9607 \text{ m/s}$

❖ **TRAMO A-B**

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 4 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 42,9$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 4 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 45,4$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

❖ **TRAMO A-C**

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $41,194 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$
- $V = 1,12702 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $41,194 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera



- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$
- $V = 1,12702 \text{ m/s}$

❖ TRAMO C-D

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $32,465 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$
- $V = 1,0010 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $32,465 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- $\sum K = 21,8$
- $V = 1,0010 \text{ m/s}$

❖ TRAMO D-E

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $19,35 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22,9$
- $V = 1,0055 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $19,35 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 1,0055 \text{ m/s}$

❖ TRAMO E-F



Singularidades (Impulsión) con un caudal de $19,35 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- $\sum K = 20$
- $V = 1,0055 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $19,35 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- $\sum K = 20$
- $V = 1,0055 \text{ m/s}$

❖ TRAMO E-F'

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $15,48 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 4 Codos a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 28,1$
- $V = 1,1078 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $15,48 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 28,1$
- $V = 1,1078 \text{ m/s}$

❖ TRAMO E-F''

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $3,87 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 4 Codos a 90°
- 1 Válvula de retención



- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 28,1$
- $V = 0,7368 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $3,87 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 28,1$
- $V = 0,7368 \text{ m/s}$

❖ TRAMO C-G

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $8,729 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codos a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22,9$
- $V = 1,0394 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $8,729 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 1,0394 \text{ m/s}$

❖ TRAMO G-H

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $2,236 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codos a 90°
- 1 Válvula de retención



- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,5715 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $2,236 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,5715 \text{ m/s}$

❖ TRAMO H-I

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $2,236 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22$
- $V = 0,5715 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $2,236 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22$
- $V = 0,5715 \text{ m/s}$

❖ TRAMO G-J

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 20,9$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera



- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

❖ TRAMO J-K

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

❖ TRAMO K-L

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Válvula de retención
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$



❖ TRAMO D-M

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $13,115 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,9386 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $13,115 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,9386 \text{ m/s}$

❖ TRAMO M-N

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $13,115 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,9386 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $13,115 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,9386 \text{ m/s}$

❖ TRAMO N-O

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $2,967 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°



- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7583 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $2,967 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula de control
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7583 \text{ m/s}$

❖ TRAMO N-P

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $10,148 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,7262 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $10,148 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,7262 \text{ m/s}$

❖ TRAMO P-Q

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $0,688 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera



- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,5167 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $0,688 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula de control
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,5167 \text{ m/s}$

❖ TRAMO P-R

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $9,460 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,6770 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $9,460 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 22,9$
- $V = 0,6770 \text{ m/s}$

❖ TRAMO R-S

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $9,460 \text{ m}^3/\text{h}$:



- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,6770 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $9,460 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Te salida lateral
- 1 Válvula de retención
- $\sum K = 23,8$
- $V = 0,6770 \text{ m/s}$

❖ TRAMO R-S'

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $6,493 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula de control
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7731 \text{ m/s}$

❖ TRAMO R-S''

Singularidades (Impulsión) con un caudal de $2,967 \text{ m}^3/\text{h}$:



- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula reguladora
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7583 \text{ m/s}$

Singularidades (Retorno) con un caudal de $2,967 \text{ m}^3/\text{h}$:

- 2 Válvulas de corte tipo esfera
- 1 Codo a 90°
- 1 Válvula de retención
- 1 Válvula de control
- $\sum K = 25,4$
- $V = 0,7583 \text{ m/s}$

4.3 Pérdida de Carga en Intercambiadores

La pérdida de carga en un intercambiador es un dato que generalmente es proporcionado por el fabricante, en los catálogos de sus productos. Sin embargo, en condiciones normales de caudal, la pérdida de carga para una potencia media suele estar entre 1,5 – 5 mca. Para este caso en particular se asume un máximo de 3 mca, tomando como referencia el pliego de condiciones del IDAE, que limita la pérdida de carga tanto, para primario como para el secundario.

A continuación, un resumen del cálculo de la pérdida de carga, en cada uno de los intercambiadores

Tabla 74. Pérdida de Carga en Intercambiadores (KPa)

SUBESTACIÓN CAMPO DE FÚTBOL			
Potencia de Intercambio	kW	151	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	19.8	23.7
SUBESTACIÓN PISCINA MUNICIPAL			
Potencia de Intercambio	kW	360	
Caudal	l/h	15896.7	15862.1
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0



Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	25.6	29.1

SUBESTACIÓN VESTUARIO PISCINA

Potencia de Intercambio	kW	90	
Caudal	l/h	3974.2	3965.5
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	11.7	12.5

SUBESTACIÓN RESIDENCIA DEPORTIVA

Potencia de Intercambio	kW	52	
Caudal	l/h	2296.2	2291.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	22.5	22.4

SUBESTACIÓN PAV-2

Potencia de Intercambio	kW	151	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	14.8	15.3

SUBESTACIÓN PABELLÓN 1

Potencia de Intercambio	kW	69	
Caudal	l/h	3046.9	3040.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	24.7	24.6

SUBESTACIÓN PISTAS DE FUTBOL

Potencia de Intercambio	kW	16	
Caudal	l/h	706.5	705.0
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	5.1	6.8

SUBESTACIÓN ATLETISMO

Potencia de Intercambio	kW	151	
Caudal	l/h	6667.8	6653.3
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0



Pérdida de carga kPa 14.8 15.3

SUBESTACIÓN ESCALADA			
Potencia de Intercambio	kW	69	
Caudal	l/h	3046.9	3040.2
Temperatura entrada	°C	90.0	65.0
Temperatura salida	°C	70.0	85.0
Pérdida de carga	kPa	10.4	11.4

Tabla 15. Pérdidas Menores en el Sistema (mca)

TRAMO	LOCAL	hm (mca) impulsión	hm (mca) retorno
1	CALDERA 1-T	0,9755	2,3812
2	CALDERA 2-T	0,9064	2,1738
3	T-INTERCAMBIADOR	3,5704	3,5704
4	INTERCAMBIADOR-INERCIA	1,2434	1,3575
5	INTERCAMBIADOR-PRIMARIO	1,7739	1,3461
A-Á	TRAMO EXTERIOR	1,0251	1,0251
Á-B	SUBESTACION FUTBOL	4,3066	4,3827
Á-C	TRAMO EXTERIOR	1,7920	1,7920
C-D	TRAMO EXTERIOR	1,1130	1,1130
D-E	TRAMO EXTERIOR	1,1797	1,1797
E-F	TRAMO EXTERIOR	1,0303	1,0303
E-F'	SUBESTACION PISCINA	4,7571	4,7571
E-F''	SUBESTACION VESTUARIOS	3,6335	3,6335
C-G	TRAMO EXTERIOR	1,2605	1,2605
G-H	TRAMO EXTERIOR	0,3811	0,3811
H-I	SUBESTACION RESIDENCIA	3,3661	3,3661
G-J	TRAMO EXTERIOR	0,6365	0,6365
J-K	TRAMO EXTERIOR	0,6700	0,6700
K-L	SUBESTACION PV-2	3,6975	3,6975
D-M	TRAMO EXTERIOR	0,9381	1,0278
M-N	TRAMO EXTERIOR	1,0682	1,0682
N-O	SUBESTACION PABELLON 1	3,7442	3,7442
N-P	TRAMO EXTERIOR	0,6396	0,6396
P-Q	SUBESTACION PISTAS	3,3456	3,3456
P-R	TRAMO EXTERIOR	0,5348	0,5348
R-S	TRAMO EXTERIOR	0,5558	0,5558
R-S'	SUBESTACION ATLETISMO	3,7736	3,7736
R-S''	SUBESTACION ESCALADA	3,7442	3,7442
TOTAL*		48,1447	50,6700

Fuente: El Autor



La tabla presentada a continuación, resume la pérdida de carga total por tramos de la instalación:

Tabla 16. Pérdida de Carga Total del Sistema (mca)

TRAMO	hf (mca)			hm (mca)			h total impulsión (mca)	h total retorno (mca)
	IMPULSIÓN	RETORNO	SUB TOTAL	IMPULSIÓN	RETORNO	SUB TOTAL		
1	0,1614	0,1683	0,3298	0,9755	2,3812	3,3567	1,1369	2,5496
2	0,1614	0,1683	0,3298	0,9064	2,1738	3,0802	1,0678	2,3422
3	0,0747	0,0778	0,1525	3,5704	3,5704	7,1407	3,6450	3,6482
4	0,0747	0,0778	0,1525	1,2434	1,3575	2,6009	1,3181	1,4353
5	0,0747	0,0778	0,1525	1,7739	1,3461	3,1199	1,8485	1,4239
A-Á	0,0298	0,0304	0,0602	1,0251	1,0251	2,0502	1,0549	1,0555
Á-B	1,2995	1,3271	2,6266	4,3066	4,3827	8,6893	5,6061	5,7098
Á-C	0,4112	0,4174	0,8286	1,7920	1,7920	3,5840	2,2032	2,2094
C-D	0,0921	0,0937	0,1858	1,1130	1,1130	2,2260	1,2051	1,2067
D-E	0,2441	0,2484	0,4925	1,1797	1,1797	2,3593	1,4238	1,4281
E-F	0,0232	0,0237	0,0469	1,0303	1,0303	2,0605	1,0535	1,0539
E-F'	0,1339	0,1398	0,2737	4,7571	4,7571	9,5142	4,8911	4,8969
E-F''	0,1155	0,1210	0,2364	3,6335	3,6335	7,2669	3,7489	3,7544
C-G	1,7153	1,7455	3,4608	1,2605	1,2605	2,5211	2,9758	3,0060
G-H	0,8906	0,9135	1,8041	0,3811	0,3811	0,7621	1,2716	1,2946
H-I	0,0371	0,0381	0,0752	3,3661	3,3661	6,7321	3,4032	3,4041
G-J	0,0878	0,0897	0,1775	0,6365	0,6365	1,2731	0,7243	0,7262
J-K	0,9834	1,0043	1,9877	0,6700	0,6700	1,3401	1,6535	1,6743
K-L	0,0702	0,0717	0,1420	3,6975	3,6975	7,3949	3,7677	3,7692
D-M	0,1797	0,1831	0,3628	0,9381	1,0278	1,9659	1,1178	1,2109
M-N	0,4958	0,5050	1,0009	1,0682	1,0682	2,1365	1,5641	1,5733
N-O	0,1997	0,2041	0,4038	3,7442	3,7442	7,4883	3,9439	3,9483
N-P	0,9022	0,9011	1,8032	0,6396	0,6396	1,2792	1,5417	1,5407
P-Q	0,1212	0,1210	0,2421	3,3456	3,3456	6,6912	3,4667	3,4666
P-R	0,4310	0,4305	0,8615	0,5348	0,5348	1,0696	0,9658	0,9652
R-S	0,1061	0,1060	0,2120	0,5558	0,5558	1,1116	0,6619	0,6618
R-S'	0,1171	0,1169	0,2340	3,7736	3,7736	7,5472	3,8907	3,8905
R-S''	1,0894	1,0880	2,1774	3,7442	3,7442	7,4883	4,8335	4,8322

Fuente: El Autor

5. Pérdidas de energía

Para el cálculo de las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones, se ha tomado en cuenta la normativa vigente que recoge el RITE, y específicamente su instrucción técnica IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías, la cual se procede a reseñar brevemente.

5.1 Valor límite de Pérdidas de Energía



Artículo 6. En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las de fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superaran el 4 % de la potencia máxima que transporta.

Artículo 7. Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo.

5.2 Procedimiento Alternativo de cálculo

Artículo 2. El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático siguiendo los criterios indicados en la norma UNE-EN ISO 12241. Para el cálculo de la pérdida de energía anual, se hace uso del software LOGSTOR CALCULATOR y se obtienen los resultados mostrados a continuación.

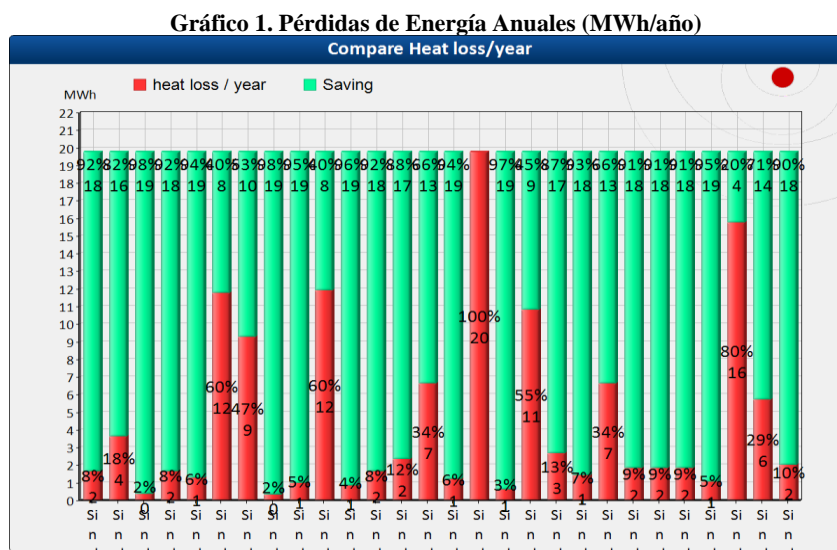
Tabla 17. Pérdida de Energía Anual (MWh/año)

TRAMO	LONGITUD (m)	DN	D2	λ	W/m	MWh/año
1	10,00	65	140	0,023	31,96	1,66
2	10,00	65	140	0,023	31,96	1,66
3	10,00	100	200	0,023	35,34	1,84
4	10,00	100	200	0,023	35,34	1,84
5	10,00	100	200	0,023	35,34	1,84
A-Á	5,00	125	225	0,023	40,72	1,07
Á-B	111,00	50	125	0,023	27,46	15,76
Á-C	31,00	100	200	0,023	35,34	5,71
C-D	11,00	100	200	0,023	35,34	2,03
D-E	21,00	80	160	0,023	33,17	3,62
E-F	2,00	80	160	0,023	33,17	0,35
E-F'	10,00	65	140	0,023	31,96	1,66
E-F''	10,00	40	110	0,023	24,79	1,28
C-G	83,00	50	125	0,023	27,46	11,78
G-H	84,00	32	110	0,023	21,58	9,29
H-I	3,50	32	110	0,023	21,58	0,33
G-J	7,50	50	125	0,023	27,46	0,99
J-K	84,00	50	125	0,023	27,46	11,93
K-L	6,00	50	125	0,023	27,46	0,85
D-M	14,50	65	140	0,023	31,96	2,33
M-N	40,00	65	140	0,023	31,96	6,65
N-O	11,00	32	110	0,023	21,58	1,22
N-P	119,00	65	140	0,023	31,96	19,78
P-Q	7,00	20	90	0,023	17,12	0,61
P-R	65,00	65	140	0,023	31,96	10,8
R-S	16,00	65	140	0,023	31,96	2,66
R-S'	10,00	50	125	0,023	27,46	1,42
R-S''	60,00	32	110	0,023	21,58	6,64
TOTAL, MWh/año						127,60

Fuente: El Autor



A continuación, la gráfica comparativa de las pérdidas de calor y el ahorro anuales:



Fuente: Logstor Calculator Software

En resumen, la longitud total de las tuberías de acero pre aislado es la siguiente:

Tabla 18. Longitud Total de Tuberías (m)

TRAMO	DESCRIPCIÓN	LONGITUD IDA (m)	LONGITUD TOTAL (m)
1	Acero negro DIN 2440	10,00	20,00
2	Acero negro DIN 2440	10,00	20,00
3	Acero negro DIN 2440	10,00	20,00
4	Acero negro DIN 2440	10,00	20,00
5	Acero negro DIN 2440	10,00	20,00
A-Á	Acero pre aislado EN 253	5,00	10,00
Á-B	Acero pre aislado EN 253	111,00	222,00
Á-C	Acero pre aislado EN 253	31,00	62,00
C-D	Acero pre aislado EN 253	11,00	22,00
D-E	Acero pre aislado EN 253	21,00	42,00
E-F	Acero pre aislado EN 253	2,00	4,00
E-F'	Acero pre aislado EN 253	10,00	20,00
E-F''	Acero pre aislado EN 253	10,00	20,00
C-G	Acero pre aislado EN 253	83,00	166,00
G-H	Acero pre aislado EN 253	84,00	168,00
H-I	Acero pre aislado EN 253	3,50	7,00
G-J	Acero pre aislado EN 253	7,5,	15,00
J-K	Acero pre aislado EN 253	84,00	168,00
K-L	Acero pre aislado EN 253	6,00	12,00
D-M	Acero pre aislado EN 253	14,50	29,00
M-N	Acero pre aislado EN 253	40	80,00
N-O	Acero pre aislado EN 253	11	22,00
N-P	Acero pre aislado EN 253	119	238,00
P-Q	Acero pre aislado EN 253	7	14,00
P-R	Acero pre aislado EN 253	65	130,00
R-S	Acero pre aislado EN 253	16	32,00
R-S'	Acero pre aislado EN 253	10	20,00
R-S''	Acero pre aislado EN 253	60	120,00
LONGITUD TOTAL DE TUBERIAS (m)			1723,00

Fuente: El Autor



6. Volumen de agua de la red DH

Para calcular el volumen de agua de las tuberías, se hace uso de las siguientes expresiones:

$$V = \pi \times \frac{D_{int}^2}{4} \times L [l]$$

Donde:

V = Volumen de agua de las tuberías [l]

D_{int} = Diámetro interior de las tuberías [m]

L = Longitud de la tubería [m]

En la siguiente tabla, se reseña el resumen de los resultados del cálculo del volumen de agua en las tuberías.

Tabla 19. Volumen de Agua en el Sistema de Tuberías (l)

DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m)	VOLUMEN UNITARIO (l/m)	VOLUMEN (l)
TUBERIA DN125/225	10	12.272	122.718
TUBERIA DN50/125	222	1.963	435.896
TUBERIA DN100/200	62	7.854	486.947
TUBERIA DN100/200	22	7.854	172.788
TUBERIA DN80/160	42	5.027	211.115
TUBERIA DN80/160	4	5.027	20.106
TUBERIA DN65/140	20	3.318	66.366
TUBERIA DN40/110	20	1.257	25.133
TUBERIA DN50/125	166	1.963	325.940
TUBERIA DN32/110	168	804	135.114
TUBERIA DN32/110	7	804	5.630
TUBERIA DN50/125	15	1.963	29.452
TUBERIA DN50/125	168	1.963	329.867
TUBERIA DN50/125	12	1.963	23.562
TUBERIA DN65/140	29	3.318	96.231
TUBERIA DN65/140	80	3.318	265.465
TUBERIA DN32/110	22	804	17.693
TUBERIA DN65/140	238	3.318	789.757
TUBERIA DN20/90	14	314	4.398
TUBERIA DN65/140	130	3.318	431.380
TUBERIA DN65/140	32	3.318	106.186
TUBERIA DN50/125	20	1.963	39.270
TUBERIA DN32/110	120	804	96.510
VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN TUBERIAS			4237.524

Fuente: El Autor



7. Diseño y cálculo del depósito de inercia

En instalaciones alimentadas con Biomasa, es fundamental la disposición de un depósito de inercia, para evitar frecuentes ciclos de arranque paro, que disminuyen el rendimiento estacional de las calderas de biomasa. Es importante que esta reserva de energía se realice en depósitos perfectamente aislados, para reducir las pérdidas energéticas.

Para dimensionar el depósito de inercia, se suele estimar un valor entre 15 y 30 litros por kW de potencia nominal de los generadores, para garantizar un ciclo de funcionamiento mínimo. La guía técnica de la Biomasa, que es un documento técnico reconocido, para la aplicación del RITE, recomienda un volumen entre 20 y 30 litros por kW de potencia térmica nominal del generador.

El fabricante de las calderas seleccionadas para este proyecto aconseja un volumen mínimo recomendado de 5.000 litros, para el depósito de inercia de una caldera de 399 kW de potencia.

Para el cálculo del volumen del depósito de inercia, se utiliza la siguiente formulación:

$$Q = \frac{P}{\Delta T \times C_e \times \gamma} \left[\frac{l}{h} \right]$$

Donde:

$$P = \text{Potencia del generador} = 399000 \text{ [W]}$$

$$\Delta T = \text{Salto térmico} = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$C_e = \text{Calor específico} = 1,16 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

$$\gamma = \text{Peso específico del agua} = 1 \left[\frac{\text{kg}}{l} \right]$$

Utilizando la expresión, se obtiene:

$$Q = \frac{399000}{20 \times 1,16 \times 1} = 17.198,276 \left[\frac{l}{h} \right] = 286,64 \left[\frac{l}{min} \right]$$

Atendiendo la recomendación de la guía técnica de la biomasa y tomando el valor de 20 litros por kW de potencia del generador:

$$V = 20 \times 399 = 7980 \text{ [l]} \approx 8000 \text{ [l]}$$

Haciendo una proporción:



Si calentamos 17.198,276 litros en una hora (60 minutos), calentaremos los 8.000 litros en 27,91 minutos, que corresponde al tiempo de calentamiento en el depósito.

Para el cálculo de la energía almacenada en el depósito, aplicando un salto térmico, entre la temperatura mínima de funcionamiento [20- 30] y la temperatura alta del circuito primario 95 °C, se tiene:

$$E = V \times \Delta T \times C_e [Wh]$$

$$E = 8000 \times 65 \times 1,16 = 603200 [Wh] = 603,200 [kWh]$$

El resultado, se comprueba con la hoja de cálculo desarrollada por Eusebio Javier Ponce García, de la empresa Formatec:

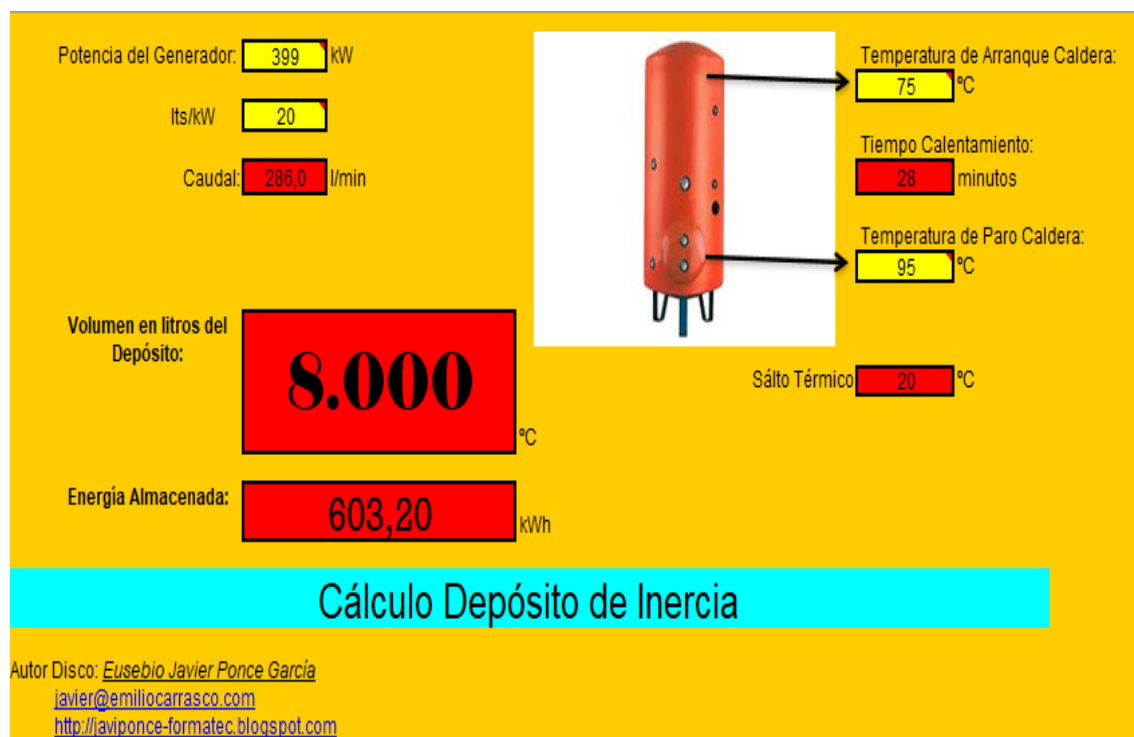


Ilustración 2. Volumen Depósito de Inercia (l). Fuente: Ponce

El volumen total de agua en la red se representa en la siguiente tabla:



Tabla 20. Volumen Total de Agua en el Sistema (l)

VOLUMEN TOTAL DE AGUA RED DH AMPOSTA	
DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (l)
TUBERÍAS	4.237,524
DEPÓSITO DE INERCIA	16.000
CALDERAS 399 kW	1.130
CALDERA 399 KW	1.130
VOLUMEN DE SEGURIDAD (25%)	5.624,381
TOTAL	28.121,905

Fuente: El Autor

Se selecciona un depósito acumulador de inercia, de acero al carbono, de capacidad 16.000 litros, o en su caso un depósito de 20.000 litros de capacidad.

8. Cálculo del volumen mínimo del vaso de expansión

El diseño y cálculo de los sistemas de expansión, según la ITE 02.8.4 del RITE, se realizará de acuerdo con la norma UNE 100.155:2004.

Datos previos

- Volumen de agua contenido en la instalación
- Temperatura máxima del circuito

Para calcular el volumen necesario, se hace uso de la siguiente expresión:

$$V_t = V \times C_e \times C_p [l]$$

Donde:

V_t = Volumen útil necesario [l]

V = Volumen total del fluido de trabajo en el circuito [l]

C_e = Coeficiente de expansión del fluido

C_p = Coeficiente de presión

8.1 Depósito de expansión protección circuito primario

- Para la instalación, se tiene un volumen total del fluido de 18.863,971 litros.



- Para el valor de la temperatura, se asigna la media entre temperaturas de impulsión y retorno, $T = 80^\circ \text{C}$.
- Para el cálculo del coeficiente de expansión, se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (3,24 * T^2 + 102,13 * T - 2708,3) \times 10^{-6}$$

$$C_e = 0,0262$$

- Para el coeficiente de presión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)} = C_p = \frac{6}{(6 - 3)} = 2$$

Donde:

$P_M = \text{Presión máxima} = \text{Presión de tarado} + \text{Presión atmosférica} [\text{bar}]$

$P_m = \text{Presión mínima} = \text{Presión manométrica} + \text{Presión atmosférica} [\text{bar}]$

Resolviendo:

$$V_t = V \times C_e \times C_p = 18.863,971 \times 0,0262 \times 2 = 988,472 [\text{l}]$$

Utilizando el software de SEDICAL, comprobamos el anterior resultado:

Unidades		Modelo	Volumen total	Precio €	P. Marcha €
2	x	N - 500/6	1000	1826.00	---
2	x	N - 600/6	1200	2466.00	---
2	x	N - 800/6	1600	3392.00	---
1	x	N - 1000/6	1000	1957.00	---

Ilustración 3. Cálculo del Vaso de Expansión Circuito Primario.



N - 1000/6

Dibujo

Vaso de expansión seleccionado
N - 1000/6

Datos técnicos

Presión del vaso sin conectar al circuito : 0.40 bar

Capacidad de acumulación necesaria : 844.28 l

Volumen de agua en el vaso a temperatura mínima : 125.00 l

temperatura de llenado : 125.00 l

Expansión total de la instalación : 541.75 l

Presión máxima de trabajo : 6 bar

Dimensiones y peso

Anchura	(D)	:	740.00 mm
Altura	(H)	:	2410.00 mm
Diámetro de conexiones	(A)	:	R 1"
Medida h	(h)	:	245.00 mm
Medida k	(k)	:	540.00 mm
Peso		:	120.00 kg

Ilustración 4. Ficha Técnica Vaso de Expansión del Circuito Primario

Se instalará un vaso de expansión de 1000 litros de capacidad, modelo N 1000/6 de la marca SEDICAL o equivalente comprobado.

8.2 Depósito de expansión protección circuito calderas

- Para cada caldera, se tiene un volumen total del fluido de 1.130,00 litros.
- Para el valor de la temperatura, se asigna $T = 90^\circ \text{C}$.
- Para el cálculo del coeficiente de expansión, se utiliza la siguiente expresión:

$$C_e = (3,24 * T^2 + 102,13 \times T - 2708,3) \times 10^{-6}$$

$$C_e = 0,038144$$

- Para el coeficiente de presión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{P_M}{(P_M - P_m)} = C_p = \frac{3,65}{(3,65 - 1)} = 1,377$$

Se resuelve:

$$V_t = V \times C_e \times C_p = 1130,00 \times 0,038144 \times 1,377 = 59,352 [l]$$



Utilizando el software de SEDICAL, se comprueba el anterior resultado:

Datos generales Tipo de aplicación: Circuitos cerrados Tipo de vaso: Sin transferencia de masa Modelo de vaso: NG / N Temperatura del agua de llenado: 10 °C		Volumen de agua El volumen de la instalación: Es conocido Nº de tramos a calcular: 1 Volumen de la instalación: 1130.00 L	
Opciones Reflexomat <input type="checkbox"/> Indicador rotura membrana <input type="checkbox"/> Ampliación unidad de control <input type="checkbox"/> Electroválvula de rellenado y llave de bola <input type="checkbox"/> Fillset con contador de agua sin salida impulsos <input type="checkbox"/> Fillset con contador de agua con salida impulsos <input type="checkbox"/> Control P <input type="checkbox"/> Montaje unidad de control en consola pared <input type="checkbox"/> Un compresor de reserva con control <input type="checkbox"/> Sistema de desgasificación (Servitec) <input type="checkbox"/> 2 vasos en batería <input type="checkbox"/> 4 vasos en batería <input type="checkbox"/> 3 vasos en batería		Datos de cálculo Concentración de etilenglicol: 0 % Presión estática: 1 m Presión de trabajo: bar Presión mínima - tª mínima: 0.6 bar Presión máximo - tª máxima: 5.0 bar Presión de la válvula de seguridad: 6.0 bar Potencia total de la instalación: kW Numero de cuerpos de hielo Cryogel: 	

Unidades	Modelo	Volumen total	Precio €	P. Marcha €
1 x	NG - 80/6	80	167.00	---
1 x	NG - 100/6	100	238.00	---
1 x	NG - 140/6	140	267.00	---
1 x	N - 200/6	200	330.00	---

Ilustración 5. Cálculo Vaso de Expansión Protección Caldera

Dibujo 		Vaso de expansión seleccionado NG - 80/6	
		Datos técnicos Presión del vaso sin conectar al circuito: 0.40 bar Capacidad de acumulación necesaria: 62.75 l Volumen de agua en el vaso a temperatura mínima: 10.00 l temperatura de llenado: 10.00 l Expansión total de la instalación: 40.26 l Presión máxima de trabajo: 6 bar	
		Dimensiones y peso Anchura (D): 480.00 mm Altura (H): 565.00 mm Diámetro de conexiones (A): R 1" Medida h (h): 175.00 mm Medida k (k): 370.00 mm Peso: 9.90 kg	

Ilustración 6. Ficha Técnica Vaso de Expansión Protección Caldera



9. Bombas

Las bombas, hacen circular el agua desde los elementos de generación, hasta las subestaciones emisoras. Deberán ser capaces de suministrar, la caída de presión o pérdida de carga total en el punto más desfavorable de la red, añadiendo un margen de seguridad del 10%, para tener en cuenta ensanchamientos, reducciones de tuberías y otros elementos que no se han contabilizado, en el apartado cálculo de pérdidas del sistema hidráulico.

Para el cálculo se aplican las siguientes ecuaciones:

- El caudal de la bomba será:

$$Q_b = \frac{Q_{tuberia}}{1000} [m^3/h]$$

- La potencia en la bomba se calcula mediante la expresión:

$$P_b = \frac{Q_b \times P_{rc} \times 9,81}{r \times 3,6} [W]$$

Donde:

$$P_b = \text{Potencia bomba} [W]$$

$$Q_b = \text{Caudal bomba} [m^3/h]$$

$$P_{rc} = \text{Pérdida de carga circuito} + \text{Pérdida en caldera} + \% \text{ adicional} [mca]$$

$$r = \text{Rendimiento eléctrico}$$

Se dispondrá de dos grupos de bombeo en el circuito primario, que impulsará el agua desde las calderas hacia el volumen de inercia, y un grupo de bombeo para la distribución hacia los tres circuitos de impulsión, hacia las subestaciones de los edificios.

9.1 Selección de bombas de circulación

La selección de bombas se realiza a partir de los datos de caudal y pérdida de carga obtenidos en los circuitos

Aplicando la ecuación de Bernoulli, para el cálculo de la altura de la bomba tenemos:

$$Hb = Z_2 - Z_1 + \frac{P_2 - P_1}{g \times \rho} + \frac{V_2^2}{2 \times g} - \frac{V_1^2}{2 \times g} + h_{perdidas \text{ fricción}} + h_{perdidas \text{ menor}} [mca]$$

$$Hb = h_{perdidas \text{ fricción}} + h_{perdidas \text{ menores}} [mca]$$



Una vez calculadas las pérdidas de carga en la instalación, se suman todas las caídas de presiones para obtener la altura de la bomba.

Tabla 21. Caudal (m³/h) y Pérdida de Carga en Circuitos Hidraulicos (mca)

Localización Bomba	hf (mca)	hm (mca)	Pérdida de carga (mca)	Q (m ³ /h)
Primario caldera 399 kW	0,385	7,563	7,949	17,157
Primario intercambiador	0,149	6,017	6,167	34,314
Circuito Campo de futbol	2,687	10,740	13,426	6,493
Circuito Pisc-Resid-Pav-2	6,657	18,163	24,820	28,079
Circuito Pab1-VestFut-Esc-Aletis	7,726	30,458	38,185	13,115
Secundario Campo de futbol	0,450	2,400	2,850	6,493
Secundario Piscina	0,560	3,100	3,660	15,480
Secundario vestuarios Piscina	0,780	2,800	3,580	3,870
Secundario Residencia deportiva	0,390	2,600	2,990	2,236
Secundario PAV-2	0,440	3,400	3,840	6,493
Secundario Pabellón 1	0,650	2,800	3,450	2,967
Secundario Vestuarios Pistas futbol	0,460	1,100	3,450	0,688
Secundario Escalada	0,890	3,100	3,990	2,967
Secundario Atletismo	0,790	3,200	3,990	6,493

Fuente: El Autor

Para la instalación se seleccionan los siguientes dispositivos de bombeo:

Tabla 22. Dispositivos de Bombeo

Bomba	Marca	Modelo
Primario caldera 399 kW	SEDICAL	SIP 50/120.2-1.1/K
Primario intercambiador	SEDICAL	SIM 80/190 .1-1.1/K
Circuito Campo de futbol	SEDICAL	SDP 40/145.1-1.1/K SVI
Circuito Pisc-Resid-Pav-2	SEDICAL	SDP 65/185.2-4.0/K SVI
Circuito Pab1-VestFut-Esc-Aletis	SEDICAL	SDP 65/185.2-4.0/K SVI
Secundario Campo de futbol	SEDICAL	SIM 50/150.1-0.20/K SVI
Secundario Piscina	SEDICAL	SIM 65/190.1-0.37/K SVI
Secundario vestuarios Piscina	SEDICAL	SAM 30/145- 0.2/K
Secundario Residencia deportiva	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario PAV-2	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario Pabellón 1	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K SVI
Secundario Vestuarios Pistas futbol	SEDICAL	SAM 25/125 0.05/K
Secundario Escalada	SEDICAL	SIM 40/145.1-0.20/K
Secundario Atletismo	SEDICAL	SIM 65/190,1-0,2/K SVI

Fuente: El Autor



10. Diseño del Colector

El colector se encargará de desacoplar hidráulicamente los circuitos primarios y secundarios de la red District Heating. Creando una zona de pérdidas muy bajas, el colector se encarga de independizar los circuitos primario y secundario.

De esta manera se asegura que los caudales de los circuitos dependan únicamente de los caudales de las bombas y o de las presiones de cada uno de los circuitos.

Haciendo uso de este dispositivo, en el circuito secundario habrá un caudal Q solo cuando las bombas del circuito estén en funcionamiento, satisfaciendo de esta manera las necesidades de carga en cada momento.

Cuando las bombas del secundario no estén en funcionamiento, no hay circulación en el circuito y entonces el caudal total emitido por la bomba del primario es desviado por el separador.

Para el desarrollo del siguiente apartado se seguirán las recomendaciones del documento “Separadores Hidráulicos o botellas de desacoplamiento hidráulico”: (Caleffi, 2010)

Para el diseño de un colector, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Se debe calcular el diámetro del colector, de forma que la velocidad en el interior esté en el rango de 0.5 y 0.1 m/s.
- Otra manera es estimar el diámetro del colector, como 3 veces el diámetro de la tubería del primario.
- En el caso de dimensionar un colector horizontal, la separación de aire y decantación se realiza mediante válvulas especializadas y las distancias serán únicamente de 1 diámetro.
- Se ha de mantener una distancia de tres veces el diámetro del primario, entre conexiones del primario y secundario, con la finalidad de evitar interacciones entre circuitos y posibles turbulencias.

Procedimiento de cálculo:

$$V = \frac{Q}{S} \left[\frac{m}{h} \right]$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad del agua} \left[\frac{m}{h} \right]$$



$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$1,5 \times 3600 = \frac{34,314}{S}$$

$$S = 0,006354 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{4 \times S}{\pi}} = 89,945 \text{ mm}$$

Tabla 23. Relación Diámetro de Colector /Tubería del Primario 2.

DN	DIAMETRO INTERIOR TUBOS PRIMARIO (mm)	VELOCIDAD EN PRIMARIO PARA VELOCIDAD EN COLECTOR DE 0,1 (m/s)	CAUDAL DEL PRIMARIO PARA VELOCIDAD EN COLECTOR DE 0,1 m/s (m3/h)	DIAMETRO INTERIOR EN COLECTOR (mm)	RELACIÓN D/d
1''	29,1	0,8	1,92	82,5	2,84
1''1/4	37,2	0,83	3,24	107,1	2,88
1 1/2	43,1	0,93	4,9	131,7	3,06
DN 50	54,5	0,85	7,17	159,3	2,92
DN 65	70,3	0,87	12,14	207,3	2,95
DN 100	107,1	1,01	32,59	339,6	3,17
DN 150	159,3	0,93	66,75	486	3,05

Fuente Caleffi. Separadores hidráulicos o botellas de desacoplamiento hidráulico. Madrid: Caleffi, 2010.

Calculando el diámetro del colector:

$$3 \times d = 3 \times 89,945 = 269,835 \text{ mm} \approx 270 \text{ mm}$$

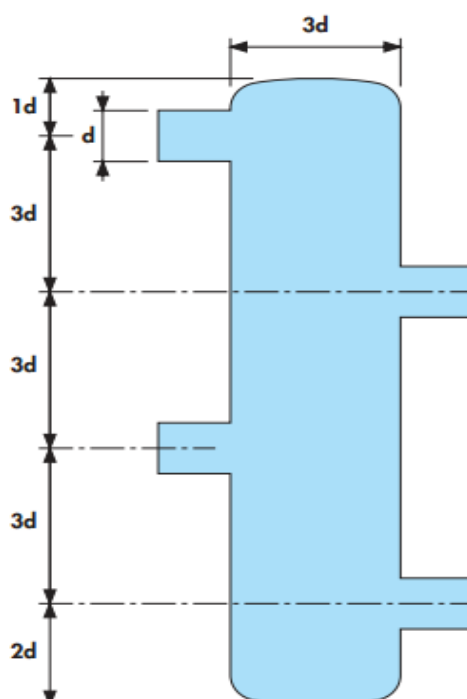


Ilustración 7. Dimensionado de un colector según el diámetro del primario fuente Caleffi. Separadores hidráulicos o botellas de desacoplamiento hidráulico. Madrid: Caleffi, 2010.

11. Zanjas

Para el dimensionado de las zanjas, se ha de tener en cuenta el diámetro de las tuberías, que se utilizan en cada trazado. Las características de las dimensiones de las zanjas vienen descritas en la siguiente tabla, seguida de un esquema descriptivo de la disposición de zanjas.

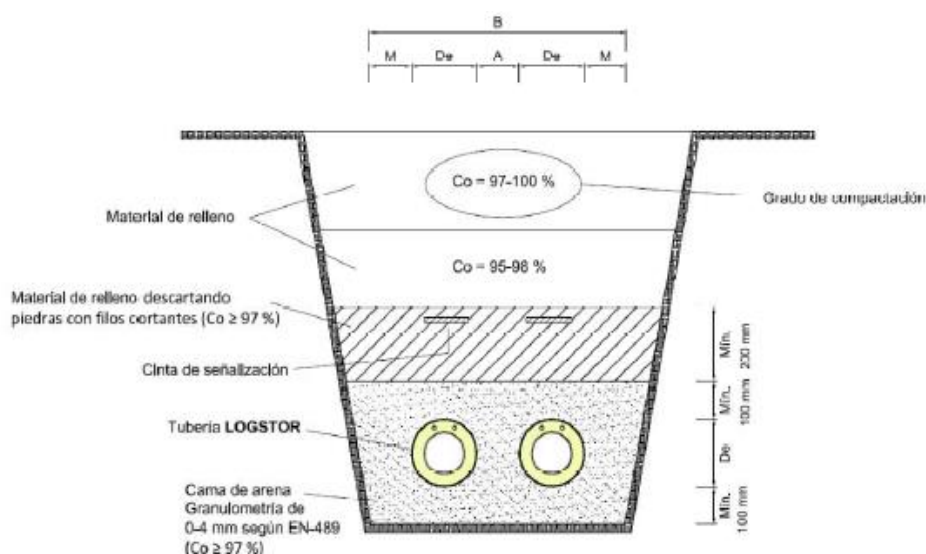


Ilustración 8. Esquema Disposición en Zanja. Fuente: Catálogo EFITERM



Tabla 24. Valores Recomendados para Disposición en Zanjas

De (mm)Ø ext. envolvente	65	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
M-A (mm) Recomendado	100	100	150	150	150	150	200	200	200	200	300	300	300	300
B (m) Ancho de zanja Recomendado	0,43	0,45	0,63	0,67	0,7	0,73	0,92	0,96	1	1,05	1,1	1,46	1,53	1,61
A (mm) mínimo	100	100	150	150	150	150	150	150	150	150	250	250	250	250
M (mm) mínimo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B (m) Ancho de zanja mínimo	0,43	0,45	0,53	0,57	0,6	0,63	0,67	0,71	0,75	0,8	0,95	1,01	1,08	1,16

Fuente: Catálogo EFITERM



ANEJO VI

CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA



Índice

1.	Introducción y Objeto	274
2.	Esquema	274
3.	Relación de Potencias	275
4.	Instalación	276
4.1	Caída de Tensión	276
4.2	Intensidad Máxima Admisible	276
5.	Procedimiento de Cálculo	276
5.1	Potencia	276
5.2	Intensidad	276
5.3	Criterio de Caída de Tensión	278
6.	Selección de Protecciones	281
6.1	Protección frente a Cortocircuitos	281
6.2	Protección frente a Sobrecargas	281
7.	Líneas	282
7.1	Potencia Máxima Admisible por la Instalación	283
7.2	Cálculo de la Sección de Conductores	283
7.3	Cálculo de Sección por Criterios de Ahorro	283
8.	Resumen Cálculos	284
9.	Cálculo de Protecciones	294
10.	Puesta a Tierra	296



1. Introducción y Objeto

En el presente documento, se redacta el cálculo de la instalación de electricidad en baja tensión, del “Proyecto de Implantación de una Red District Heating de Biomasa para Abastecimiento de Servicios de Calefacción y ACS del Centro de Tecnificación Deportiva de la ciudad de Amposta”

El objetivo principal de este análisis es:

- Definir los componentes principales para el correcto diseño de la instalación de electricidad en baja tensión.
- Definición y justificación de las condiciones técnicas mínimas reglamentarias que debe reunir la instalación.
- Preservar la seguridad de la instalación y de las personas.
- Contribuir a la eficiencia económica y a la fiabilidad de la instalación.
- Ser parte de la documentación técnica que se incluye en el expediente de solicitud de subvenciones para Proyectos de Redes de Distribución de Energía Térmica con Equipamientos de Biomasa, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Se requiere el procedimiento, para dotar de alimentación eléctrica a la estación central del sistema District Heating. El dimensionado se ha de realizar de acuerdo con lo dictado, en el Reglamento Electrotécnico para baja tensión de España (R.E.B.T).

2. Esquema

Conforme la instrucción técnica ITC-BT-12, la instalación de unión entre red de distribución y la instalación a dimensionar, se define con el esquema de colocación de contadores para un solo usuario.

El suministro eléctrico del local será mediante un punto de suministro de la red eléctrica, el cual estará ubicado en la fachada del edificio, con acceso a la vía pública con una hornacina, en la cual estará el contador, con la protección de este.



Desde aquí saldrá con la línea principal hasta el cuadro general de protección. El cuadro eléctrico estará ubicado cerca a la puerta de acceso y el nivel luminoso mínimo de la sala será de 200 lux, con uniformidad media de 0,5 en la totalidad de la instalación.

3. Relación de Potencias

Desde el cuadro eléctrico de la sala central de generación, se dará consumo a elementos tales como: calderas de biomasa, bombas circuladoras, alumbrado, sistema de llenado del silo y otros elementos que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 75. Relación de Potencias (W) y Consumos de los Elementos (kWh)

SALA DE CALDERAS	POTENCIA (W)	FUNCIONAMIENTO (h)	CONSUMO ANUAL (kWh)
Caldera Hertz Firematic 399	3.000,00	2.920,00	8.760,00
Caldera Hertz Firematic 399	3.000,00	2.920,00	8.760,00
Sistema elevación caldera I	1.100,00	2.920,00	3.212,00
Sistema elevación caldera II	1.100,00	2.920,00	3.212,00
Bomba primario	1.100,00	2.920,00	3.212,00
Bombas circuito I	1.100,00	2.920,00	3.212,00
Bombas circuito II	4.000,00	2.920,00	11.680,00
Bombas circuito III	4.000,00	2.920,00	11.680,00
Sistema de llenado vertical	13.500,00	2.920,00	39.420,00
Mando y control	1.000,00	2.920,00	2.920,00
Sistema de descarga de cenizas	370,00	2.920,00	1.080,40
Alumbrado sala	500,00	2.920,00	1.460,00
Alumbrado exterior	700,00	2.920,00	2.044,00
Alumbrado de emergencia	43,00	2.920,00	125,56
Otros usos	3.000,00	2.920,00	8.760,00
TOTAL	37.513,00		109.537,96

Fuente: El Autor

Los valores de potencias representados en la tabla anterior no reflejan los coeficientes que el reglamento establece, para lámparas de descarga y motores, para el posterior cálculo de sección de conductores.



4. Instalación

Para el cálculo de la sección de conductores, se utiliza el criterio de la temperatura máxima admisible y el criterio de la caída de tensión. La sección del conductor necesario para una línea eléctrica viene determinada por las limitaciones de caída de tensión y calentamiento.

4.1 Caída de Tensión

- ITC BT -15. Para el caso de derivaciones individuales en suministro para un único usuario, en el que no existe línea general de alimentación (LGA): 1,5%.
- ITC BT-19. En instalaciones interiores, 3% para circuitos de alumbrado y 5% para circuitos de fuerza y otro tipo de circuitos.

4.2 4.2 Intensidad Máxima Admisible

El R.E.B.T establece en las instrucciones técnicas, ITC BT-06, ITC-BT-07, ITC BT-19 las intensidades máximas admisibles por cables, en función del tipo de instalación, aislamiento, condiciones etc.

5. Procedimiento de Cálculo

5.1 5.1 Potencia

Se calculará la potencia real de cada tramo, sumando la potencia instalada de los elementos receptores y aplicando el coeficiente de simultaneidad los coeficientes indicados por el REBT.

- Factor de 1,25 en tramos que alimenten motores (ITC BT-47)
- Factor de 1,80 en tramos que alimenten puntos de luz con lámparas o tubos (ITC BT-09 y ITC BT-44)

5.2 5.2 Intensidad

Para obtener las intensidades de corriente aplicamos las siguientes formulas:

Distribución Monofásica



$$I = \frac{P}{U \times \cos(\varphi)} [A]$$

Distribución Trifásica

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos(\varphi)} [A]$$

Donde:

I = Intensidad de corriente de línea [A]

P = Potencia activa [W]

U = Tensión de fase neutro(monofásica) o entre fases (trifásica)[V]

$\cos(\varphi)$ = Coseno del ángulo que forman el fasor de I y el fasor de V

Se ha de aplicar, para el cálculo de la sección por criterio de temperatura máxima, lo expuesto en la norma UNE 20460-94/5-523.

La intensidad máxima, viene marcada por las tablas 52-C1 a 52-C12, el método de instalación se toma de la tabla 52-B2, se determina el método de referencia según 52-B1 y dependiendo del tipo de cable, se recoge en la tabla, la intensidad máxima a utilizar.

Para el cálculo de la sección, se divide la intensidad anteriormente calculada, por el producto de todos los factores de corrección y buscaremos en la tabla la sección de conductor correspondiente, al valor de intensidad calculado.

Para calcular la intensidad máxima admisible del cable, se busca en la misma tabla la intensidad para la sección adoptada y se multiplica por el producto de los factores correctores.

La ITC-BT 19, regula la corriente máxima a circular, por el interior de los conductores en función de la sección del conductor, la tensión nominal del cable, el nivel de aislamiento, el método de instalación y la temperatura del medio donde se encuentra.

- Aislamiento utilizado: H 07 Z1-KTYPE 2 (AS), en la derivación individual
R Z1-K (AS), para el resto de los receptores.
- Método de instalación: B1: Conductores aislados en un conducto sobre una



Pared de mampostería, en la D.I.

E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, suspendido o grapado con separación a pared o techo).

- Temperatura del medio: Se considera que la temperatura del medio es 40 °C.
- Factor de recepción: Según la ITC 47, punto 3, los conductores que suministran energía a un motor deberán estar dimensionados para soportar una intensidad del 125% de la intensidad máxima del mismo.
Para el alumbrado se considera un factor de 1.8 en lámparas de descarga.

5.3 Criterio de Caída de Tensión

Para el cálculo de la sección por caída de tensión, se aplica la siguiente formulación:

Distribución monofásica:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{\gamma \times e \times U_{FN}} [mm^2]$$

Distribución trifásica:

$$S = \frac{L \times P}{\gamma \times e \times U_F} [mm^2]$$

Donde:

S = Sección del cable [mm^2]

L = Longitud [m]

P = Potencia consumida por el receptor [W]

e = Caída de tensión (V)

γ = Conductividad

U_{FN} = Tensión entre fase y neutro [V]

U_F = Tensión entre fases [V]

Caída de tensión



Para calcular la caída de tensión en el tramo, se aplica la siguiente expresión:

Distribución monofásica:

$$e = \frac{2 \times P \times L}{\gamma \times S \times U_{FN}} [V]$$

Distribución trifásica:

$$e = \frac{P \times L}{\gamma \times S \times U_F} [V]$$

Donde:

e = Caída de tensión [V]

S = Sección del cable [mm^2]

γ = Conductividad

L = Longitud del tramo [m]

P = Potencia del cálculo [W]

U_{FN} = Tensión entre fase y neutro [V]

U_F = Tensión entre fases [V]

Las intensidades de cortocircuito se calculan de la siguiente manera:

- Se desarrolla la suma de reactancias y resistencias, ubicadas aguas arriba del punto considerado:

$$R_t = R_1 + R_2 \dots R_n$$

$$X_t = X_1 + X_2 \dots X_n$$

- Se realiza el cálculo de la intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}} [A]$$

Siendo:

U_0 = Tensión entre fases del transformador en vacío [V]



$$R_t = \text{Resistencia } [m\Omega]$$

$$X_t = \text{Reactancia } [m\Omega]$$

En cada parte de la instalación determinamos reactancias y resistencias con la formulación, expresada en la tabla 2.

Siendo:

$$P_{cc} = \text{Potencia de cortocircuito de la red de distribución } [MVA]$$

$$W_c = \text{Perdidas (Cu) en el transformador}$$

$$S = \text{Potencia aparente del transformador } [kVA]$$

$$U_{cc} = \text{Tensión de cortocircuito del transformador } [V]$$

$$L = \text{Longitud del cable } [m]$$

Tabla 76. Fórmulas para Cálculo de Resistencias y Reactancias

Parte de la instalación	Resistencias [mΩ]	Reactancias [mΩ]
Red aguas arriba	$R_1 = Z_1 \times \cos\varphi \times 10^{-3}$ $\cos\varphi = 0.15$ $Z_1 = \frac{U^2}{P_{cc}}$	$X_1 = Z_1 \times \text{Sen}\varphi \times 10^{-3}$ $\text{sen}\varphi = 0.98$
Transformador	$R_2 = \frac{W_c \times U^2}{S^2} \times 10^{-3}$	$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$ $Z_2 = \frac{U_{cc}}{100} \times \frac{U^2}{S}$
En cables	$R_3 = \frac{\rho \times L}{S}$	$X_3 = 0.08 \times L$ $X_3 = 0.12 \times L$

$$S = \text{Sección del cable } [mm^2]$$

$$\rho = \text{Resistividad } 22.5 \text{ (Cu) y } 36 \text{ (Al)} \Omega mm^2/m$$

La instalación interior cuenta con receptores trifásicos y monofásicos:

- Para receptores trifásicos: $I_{cc \min} = \frac{U}{\sqrt{3} \times Z_L} [A]$



- Para receptores monofásicos $I_{cc\ max} = \frac{U}{2 \times Z_L} [A]$

$$Z_L = \sqrt{\sum R_L^2 + \sum X_L^2} [m\Omega]$$

Donde:

$Z_L = Impedancia\ de\ línea\ (m\Omega)$

$X_L = Reactancia\ de\ línea\ (m\Omega)$

$I_{cc} = Corriente\ mínima\ de\ CC\ (kA)$

$U = Tensión\ de\ la\ instalación\ interior\ (V)$

6. Selección de Protecciones

6.1 6.1 Protección frente a Cortocircuitos

Se emplearán interruptores automáticos y para su selección se ha de tener en cuenta el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Poder de corte $IA > corriente\ de\ cortocircuito\ máxima\ en\ la\ línea.$
- Intensidad nominal del IA $< corriente\ de\ cortocircuito\ mínima\ en\ la\ línea.$
- $I^2 \times t < ((k \times S)^2)$

Conductor	Aislante	K
Cobre	PVC	115
	Termoestables	135
Aluminio	PVC	74
	Termoestables	87

Tabla 77 Características de los conductores

6.2 6.2 Protección frente a Sobrecargas

Los interruptores automáticos que protegen al sistema frente a cortocircuitos servirán de igual modo para la protección frente a sobrecargas.

Deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$



$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

Donde:

I_B = Intensidad en el conductor [A]

I_N = Intensidad nominal del IA [A]

I_z = Intensidad admisible en el conductor [A]

I_2 = Int. fto en el tiempo convencional del disp. de protección [A]

7. Líneas

En función de las características de la instalación y los consumos previstos, se han agrupado los elementos receptores, tales como bombas de circulación hidráulica, calderas de biomasa, alumbrado, elevadores de astilla y otros elementos, en tres circuitos principales, los cuales se indican en la siguiente tabla:

Circuito	Longitud (m)	Elementos	Potencia (kW)
I (Calderas)	15	Caldera Hertz Firematic 399	6,000
		Caldera Hertz Firematic 399	
II (Bombas)	25	Sistema elevación caldera I	29,275
		Sistema elevación caldera II	
		Bomba primario	
		Bombas circuito I	
		Bombas circuito II	
		Bombas circuito III	
III (Auxiliares)	30	Sistema de llenado vertical	5,613
		Mando y control	
		Sistema de descarga cenizas	
		Alumbrado sala	
		Alumbrado exterior	
		Alumbrado de emergencia	
		Otros usos	

Tabla 78 Potencia de los receptores (kW)



7.1 7.1 Potencia Máxima Admisible por la Instalación

Viene determinada por el interruptor general magnetotérmico del cuadro general, para esta instalación se ha seleccionado un interruptor magnetotérmico de 80 A.

Considerando un factor de potencia de 0,9 tenemos:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 80 \times 0,9 = 49.883,063 [W]$$

7.2 7.2 Cálculo de la Sección de Conductores

Para el cálculo de la sección de conductores se ha desarrollado una hoja Excel y los resultados se han comprobado con el software del fabricante Prysmian Group.

Se reflejan en los resultados, la sección calculada por criterio de intensidad, criterio de caída de tensión y la sección por criterio de ahorro energético.

7.3 7.3 Cálculo de Sección por Criterios de Ahorro

Para el cálculo de la sección por criterio de ahorro energético, el software aplica la siguiente formulación:

La potencia eléctrica que disipa un conductor responde a la ley de Joule:

$$P = RI^2[W]$$

Se puede demostrar, que la energía térmica perdida en una línea eléctrica responde a la siguiente expresión:

$$E_p = n \times R \times L \times I^2 \times \frac{t}{1000} [kWh]$$

Dónde:

E_p = energía perdida en la línea [kWh]

n = Número de conductores cargados

R = Resistencia de los conductores $\left[\frac{\Omega}{km} \right]$

L = Longitud de la línea [km]

I = Intensidad de línea [A]



$t = \text{tiempo [h]}$

Como regla general las líneas eléctricas no conducen la misma intensidad de corriente durante todo el tiempo, por eso es recomendable, tener en cuenta el valor cuadrático medio de la intensidad a lo largo del tiempo o como mínimo hacer una estimación.

El software ofrecerá de forma predeterminada el valor cuadrático medio de intensidad I' de la siguiente manera:

$I' = 100 \% I$ (*Valor por defecto*)

$40\% I$ (*Residencial*)

$60\% I$ (*Local publico*)

$75\% I$ (*Industrial*)

Una vez obtenida la energía perdida con conductores de resistencia R_1 , si se incrementa la sección, se alcanzarán menores pérdidas. De esta manera la energía ahorrada por instalar un conductor de menor resistencia será:

$$E_A = n(R_1 \times R_2) \times L \times i^2 \times \frac{t}{1000} (S_2 > S_1) [kWh]$$

Con esta energía ahorrada, se calcula el ahorro económico y el ahorro de emisiones de CO_2 , dado que se conocen las tarifas eléctricas en €/kWh y los valores de emisiones de CO_2 por kWh generado.

Tarifa = 0,14 €/kWh

Emisiones de $CO_2 = 0,40 \text{ kg } CO_2/kWh$.

8. Resumen de Cálculos

A continuación, se detalla el cálculo de la sección, de los conductores a utilizar en la instalación, identificando el método, el tipo y el sistema de instalación, el número de conductores, datos de potencia, la intensidad, la caída de tensión etc.



Línea Principal

Método básico	B1: Conductores aislados en un conducto sobre una pared de mampostería		
Tipo de instalación	ITC-BT 15 Derivaciones individuales		
Sistema de instalación	Bajo tubo canal o conducto de sección no circular		
Sistema de instalación 2	Empotrados en pared de mampostería (yeso, ladrillo, hormigón) o en el suelo		
Número de conductores	Unipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	60,16	Potencia activa (kW)	37,51
Potencia aparente (kVA)	41,68	Potencia mecánica (kW)	37,51
Rendimiento	1	Longitud (m)	25
Caída de tensión (%)	1,5	Caída de tensión (V)	6
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	25	Separación entre circuitos	0 m
Sección por caída de tensión (mm²)	10	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm²)	35	Número de circuitos	1
Sección por criterios de ahorro (mm²)	50	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 79 Cálculo de sección de cables derivación individual mm²

Circuito I

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	12,44	Potencia activa (kW)	6,9
Potencia aparente (kVA)	8,62	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	15
Caída de tensión (%)	3	Caída de tensión (V)	12
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 80 Cálculo de sección de cables circuito I (mm²)



Línea Caldera 1

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	6,68	Potencia activa (kW)	3,70
Potencia aparente (kVA)	4,63	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	0,9	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	0,88
Sección por intensidad (mm ²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm ²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm ²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 81 Cálculo de sección de cables circuito caldera I (mm²)

Línea Caldera 2

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	6,68	Potencia activa (kW)	3,70
Potencia aparente (kVA)	4,63	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	0,9	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	0,88
Sección por intensidad (mm ²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm ²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm ²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 82 Cálculo de sección de cables circuito caldera II (mm²)



Circuito II

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	52,83	Potencia activa (kW)	29,28
Potencia aparente (kVA)	36,60	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	25
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	10	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	4	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	16	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	25	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 83 Cálculo de sección de cables circuito II (mm²)

Línea Sistema de Elevación de Temperatura Caldera 1

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	2,61	Potencia activa (kW)	1,45
Potencia aparente (kVA)	1,81	Potencia mecánica (kW)	1,45
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 84 Cálculo de sección de cables Línea elevación caldera I (mm²)



Línea Sistema de Elevación de Temperatura Caldera II

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	2,61	Potencia activa (kW)	1,45
Potencia aparente (kVA)	1,81	Potencia mecánica (kW)	1,45
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coefficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coefficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 85 Cálculo de sección de cables Línea elevación caldera II (mm²)

Línea Bomba del Primario

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	2,28	Potencia activa (kW)	1,26
Potencia aparente (kVA)	1,58	Potencia mecánica (kW)	1,26
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coefficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coefficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 86 Cálculo de sección de cables Línea bomba del primario (mm²)



Línea Grupo de Bombas Circuito I

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	2,28	Potencia activa (kW)	1,26
Potencia aparente (kVA)	1,58	Potencia mecánica (kW)	1,26
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 87 Cálculo de sección de cables Línea grupo de bombeo I (mm²)

Línea Grupo de Bombas Circuito II

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	9,54	Potencia activa (kW)	5,29
Potencia aparente (kVA)	6,61	Potencia mecánica (kW)	1,26
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 88 Cálculo de sección de cables Línea grupo de bombeo II (mm²)



Línea Grupo de Bombas Circuito III

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	9,54	Potencia activa (kW)	5,29
Potencia aparente (kVA)	6,61	Potencia mecánica (kW)	1,26
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm ²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm ²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm ²)	2,5	Número de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 89 Cálculo de sección de cables Línea grupo de bombeo III (mm²)

Línea Sistema de llenado vertical

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	34,61	Potencia activa (kW)	19,18
Potencia aparente (kVA)	23,98	Potencia mecánica (kW)	19,18
Rendimiento	0,87	Longitud (m)	20
Caída de tensión (%)	3	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm ²)	6	Separación entre circuitos	0 m
Sección por caída de tensión (mm ²)	2,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm ²)	6	Número de circuitos	1
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	10	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 90 Cálculo de sección de cables Línea sistema de llenado vertical (mm²)



Línea Circuito III

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	10,54	Potencia activa (kW)	6,57
Potencia aparente (kVA)	7,3	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	30
Caída de tensión (%)	3	Caída de tensión (V)	12
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm ²)	1,5	Separación entre circuitos	0 m
Sección por caída de tensión (mm ²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,25
Sección optima (mm ²)	2,5	Número de circuitos	1
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 91 Cálculo de sección de cables Línea Circuito auxiliares (mm²)

Línea de Control y mando

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	1,6	Potencia activa (kW)	1
Potencia aparente (kVA)	1,11	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	10
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm ²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm ²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm ²)	2,5	Numero de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm ²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 92 Cálculo de sección de cables Línea Mando y control (mm²)



Línea de Sistema de Descarga de Cenizas

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	0,59	Potencia activa (kW)	0,37
Potencia aparente (kVA)	0,41	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	10
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm²)	2,5	Número de circuitos	2
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 93 Cálculo de sección de cables Línea sistema descarga cenizas (mm²)

Línea de Alumbrado Sala de Calderas

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	0,8	Potencia activa (kW)	0,5
Potencia aparente (kVA)	0,56	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	25
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1,8
Sección optima (mm²)	2,5	Número de circuitos	3
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 94 Cálculo de sección de cables Línea alumbrado sala de calderas (mm²)



Línea de Alumbrado Exterior

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	1,26	Potencia activa (kW)	0,7
Potencia aparente (kVA)	0,88	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	15
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coefficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coefficiente por receptor	1,8
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	3
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 95 Cálculo de sección de cables Línea alumbrado exterior (mm²)

Línea de Alumbrado de Emergencia

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,9
Intensidad de corriente (A)	0,06	Potencia activa (kW)	0,04
Potencia aparente (kVA)	0,04	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	15
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coefficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	>2D
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coefficiente por receptor	1,8
Sección optima (mm²)	2,5	Numero de circuitos	3
Sección por criterios de ahorro (mm²)	-	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 96 Cálculo de sección de cables Línea alumbrado emergencia (mm²)



Línea Auxiliar

Método básico	E: Cable multi conductor al aire (bandeja perforada, rejilla, escalera con sep. a pared o techo)		
Tipo de instalación	ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras en general		
Sistema de instalación	En bandejas (sin tubo o conducto)		
Sistema de instalación 2	Perforadas, rejilla		
Número de conductores	Multipolar	Tipo de corriente	Trifásica
Tensión (V)	400	cos fi	0,8
Intensidad de corriente (A)	5,41	Potencia activa (kW)	3
Potencia aparente (kVA)	3,75	Potencia mecánica (kW)	-
Rendimiento	1	Longitud (m)	30
Caída de tensión (%)	5	Caída de tensión (V)	20
Temperatura ambiente (°C)	40	Coeficiente	1
Sección por intensidad (mm²)	1,5	Separación entre circuitos	0 m
Sección por caída de tensión (mm²)	1,5	Coeficiente por receptor	1
Sección optima (mm²)	2,5	Número de circuitos	1
Sección por criterios de ahorro (mm²)	4	¿Expuesto al sol?	No

Tabla 97 Cálculo de sección de cables Línea auxiliar (mm²)

9. Cálculo de Protecciones

A continuación, se resumen en sendas tablas el cálculo de protecciones de la instalación:

Línea	Sección (mm²)	Iz (A)	c.d.t. (%)	In (A)	If (A)	I2, m (A)	1,45 x Iz (A)	RL (Ohmios)
Caldera Hertz Firematic 399	4,00	36,00	0,21	16,00	25,60	23,20	52,20	0,11
Caldera Hertz Firematic 399	4,00	36,00	0,17	16,00	25,60	23,20	52,20	0,11
Sistema elevación caldera I	2,50	26,50	0,10	10,00	16,00	14,50	38,43	0,18
Sistema elevación caldera II	2,50	26,50	0,10	10,00	16,00	14,50	38,43	0,18
Bomba primario	2,50	26,50	0,10	10,00	16,00	14,50	38,43	0,18
Bombas circuito I	2,50	26,50	0,10	10,00	16,00	14,50	38,43	0,18
Bombas circuito II	4,00	36,00	0,22	16,00	25,60	23,20	52,20	0,11
Bombas circuito III	4,00	36,00	0,22	16,00	25,60	23,20	52,20	0,11
Sistema de llenado vertical	10,00	65,00	0,30	40,00	64,00	58,00	94,25	0,04
Mando y control	2,50	26,50	0,04	10,00	16,00	14,50	38,43	0,09
Sistema de descarga de cenizas	2,50	26,50	0,02	10,00	16,00	14,50	38,43	0,09
Alumbrado sala	1,50	20,00	0,09	10,00	16,00	14,50	29,00	0,37
Alumbrado exterior	1,50	20,00	0,08	10,00	16,00	14,50	29,00	0,22
Alumbrado de emergencia	1,50	20,00	0,01	10,00	16,00	14,50	29,00	0,37
Auxiliar	4,00	36,00	0,25	16,00	25,60	23,20	52,20	0,16

Tabla 98 Cálculo de protecciones datos líneas secundarias



Línea	Icc (A)	Icc, Adm. (A)	In (A)	PdC (kA)	Curva	MAGNETOTERMICO
Caldera Hertz Firematic 399	2101,55	5720,00	16	6	B	16
Caldera Hertz Firematic 399	2101,55	5720,00	16	6	B	16
Sistema elevación caldera I	1313,47	3575,00	10	6	B	10
Sistema elevación caldera II	1313,47	3575,00	10	6	B	10
Bomba primario	1313,47	3575,00	10	6	D	10
Bombas circuito I	1313,47	3575,00	10	6	D	10
Bombas circuito II	2101,55	5720,00	16	6	D	16
Bombas circuito III	2101,55	5720,00	16	6	D	16
Sistema .de llenado vertical	5253,89	14300,00	40	6	D	40
Mando y control	2626,94	3575,00	10	6	B	10
Sistema descarga de cenizas	2626,94	3575,00	10	6	B	10
Alumbrado sala	630,47	2145,00	10	6	B	10
Alumbrado exterior	1050,78	2145,00	10	6	B	10
Alumbrado de emergencia	630,47	2145,00	10	6	B	10
Auxiliar	1401,04	5720,00	16	6	B	16

Tabla 99 Selección de protecciones líneas secundarias

Circuito	Sección (mm ²)	Iz (A)	c.d.t. (%)	In (A)	If (A)	I2, m (A)	1,45 x Iz (A)	RL (Ohmios)
I	4	36,00	0,25	20,00	32,00	29,00	52,20	0,08
II	25	110,00	0,33	100,00	160,00	145,00	159,50	0,02
III	4	36,00	0,55	20,00	32,00	29,00	52,20	0,16

Tabla 100 Cálculo de protecciones datos líneas principales

Circuito	Icc (A)	Icc, Adm. (A)	In (A)	PdC (kA)	Curva
I	2.802,07	5.720,00	20,00	6,00	B
II	10.507,77	35.750,00	50,00	15,00	D
III	1.401,04	5.720,00	20,00	6,00	B

Tabla 101 Selección de protecciones líneas principales



10. Cálculo de Puesta a Tierra

Conforme a lo dictado por la ITC-BT 18, el valor de la resistencia de tierra deberá ser tal que cualquier masa, no dé lugar a tensiones de contacto superiores a 50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos.

Para tensiones de contacto menores a 24 V y al tener dispositivos de corriente diferencial residual de 300 mA, sería suficiente con una resistencia de tierra $R = 80 \Omega$.

Para tensiones de contacto menores a 50 V y al tener dispositivos de corriente diferencial residual de 300 mA, sería suficiente con una resistencia de tierra $R = 166.67 \Omega$.

La NTE -IEP define una resistencia de tierra máxima, para los edificios, de 80Ω si no tienen pararrayos y una resistencia máxima de 15Ω si lo tienen.

De otra parte, la guía BT 26 fija una resistencia de tierra máxima de 37Ω , si no se cuenta con pararrayos y de 15Ω si lo tienen.

De igual manera aconseja una puesta a tierra máxima de 5Ω , cuando haya instalaciones de equipos informáticos y telecomunicaciones y una puesta a tierra máxima de 2Ω , cuando existan equipos de sonido.

En la siguiente tabla se resume, las resistencias a tierra máximas en los distintos casos:

Edificio		Resistencia a tierra máxima
Sin pararrayos	NTE-IEP	80
	Guía BT 26	37
Con pararrayos		15
Con equipos informáticos y/o telecomunicaciones		5
Con equipos de sonido		2

Tabla 102 Resistencia a tierra máxima en edificios (Ω)



Datos de partida

- Tipo de terreno Arena arcillosa
- Resistividad del terreno 500 ($\Omega \cdot m$)
- corriente máxima de disparo del interruptor diferencial 300 (mA)
- Resistividad máxima 15 Ω
- Longitud en planta del anillo enterrado 48 (m)
- Longitud de las picas 2 (m)

El electrodo, estará constituido por 4 picas, de acero revestido de cobre, de 20 mm de diámetro y 2 metros de largo, ubicadas en cada esquina de la superficie de construcción de la central de calderas y conectadas por medio de conductor de cobre desnudo de sección 50 mm².

Estará unida al mallazo de cimentación a través de conductor de sección 50 mm², la unión deberá ser a través de soldaduras aluminotérmicas, para conformar de esta manera una superficie equipotencial a lo largo del terreno donde se construirá la central de energía

Se colocarán picas verticales de 2 metros, unidas al anillo y el conjunto picas y anillo estará conectado en paralelo con respecto de tierra.

Aplicando la siguiente formulación:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t \text{ anillo}}} + \frac{1}{R_{t \text{ picas}}} [\Omega]$$

$$R_{t \text{ anillo}} = \frac{2 \times \rho}{L} = \frac{2 \times 500}{48} = 20,83 [\Omega]$$

$$R_{t \text{ picas}} = \frac{\rho}{N \times L} [\Omega]$$

Fijando una resistencia máxima de 15 Ω y aplicando la primera ecuación tenemos:

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{20,83} + \frac{1}{R_{t \text{ picas}}} [\Omega]$$

$$R_{t \text{ picas}} = 53,59 [\Omega]$$

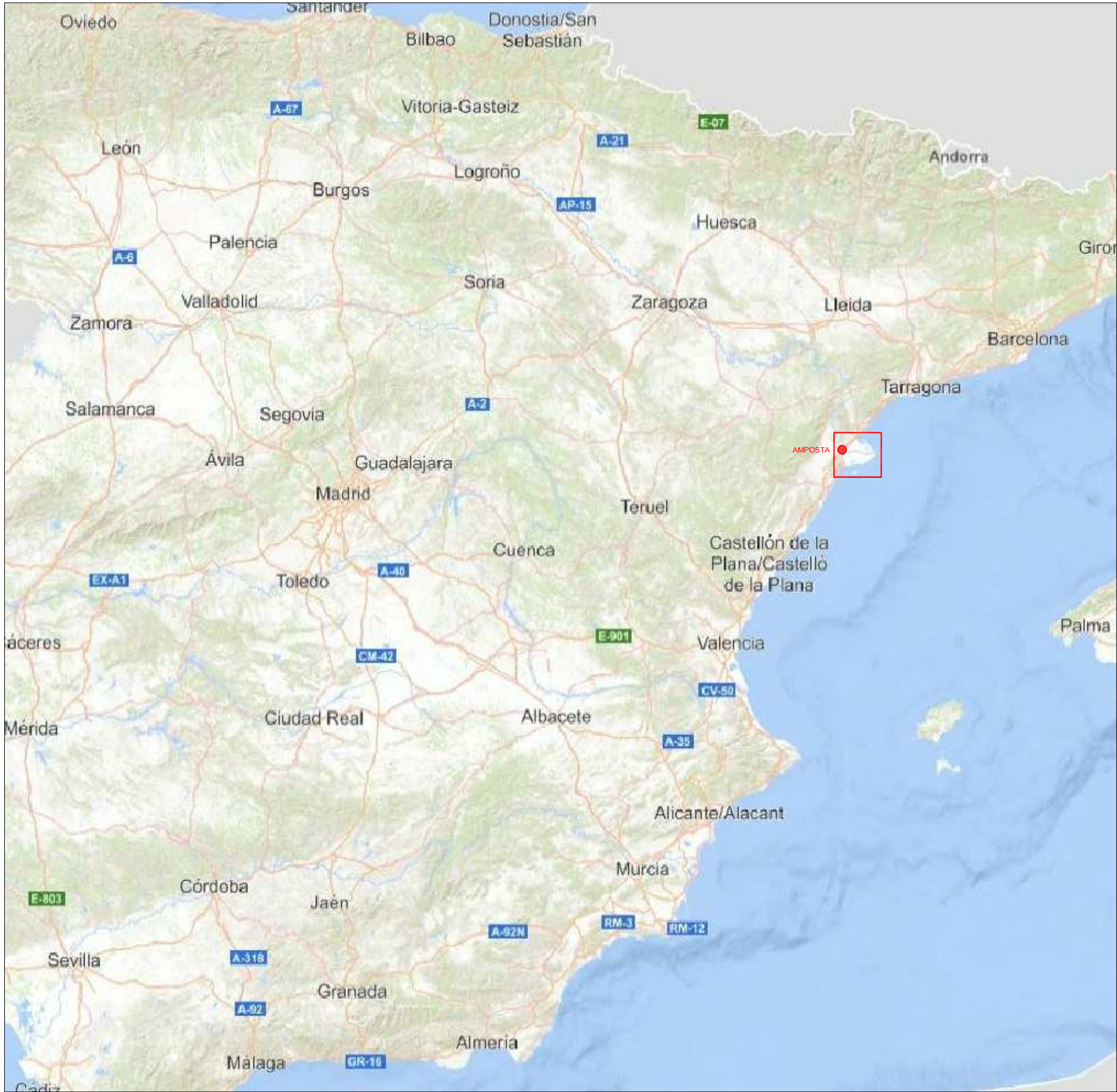
El número de picas necesario se calculará a partir de la fórmula de la resistencia de N picas en paralelo:

$$N = \frac{\rho}{R_{t \text{ picas}} \times L} = \frac{500}{53,59 \times 2} = 4,66 \text{ picas} [\Omega]$$

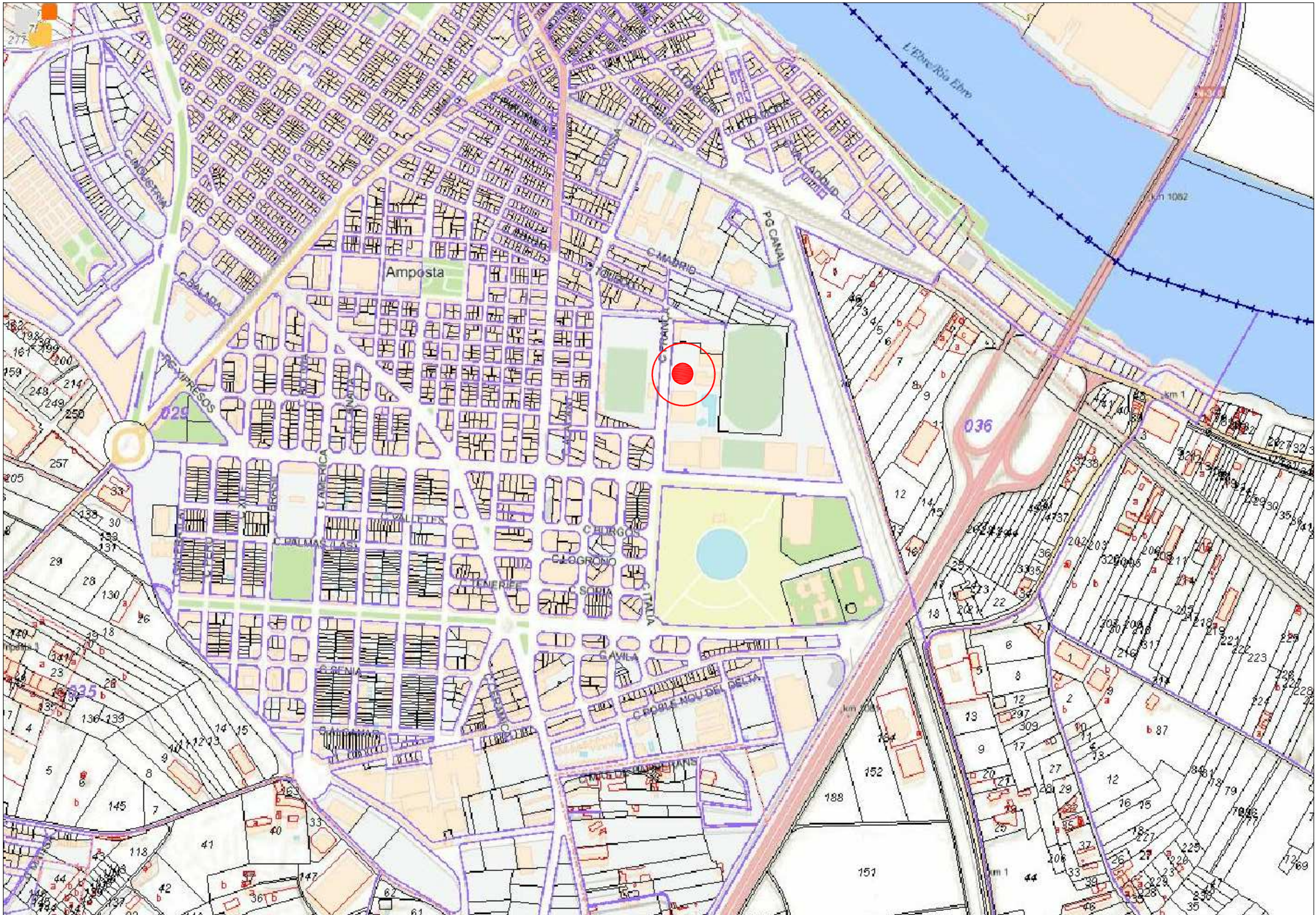
$$N = 5 \text{ picas}$$



PLANOS



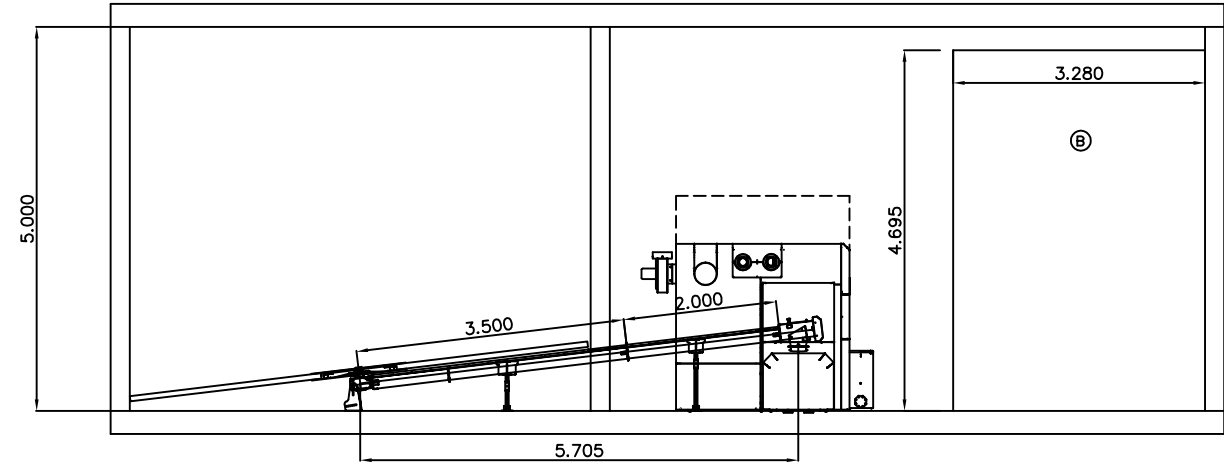
SITUACIÓN



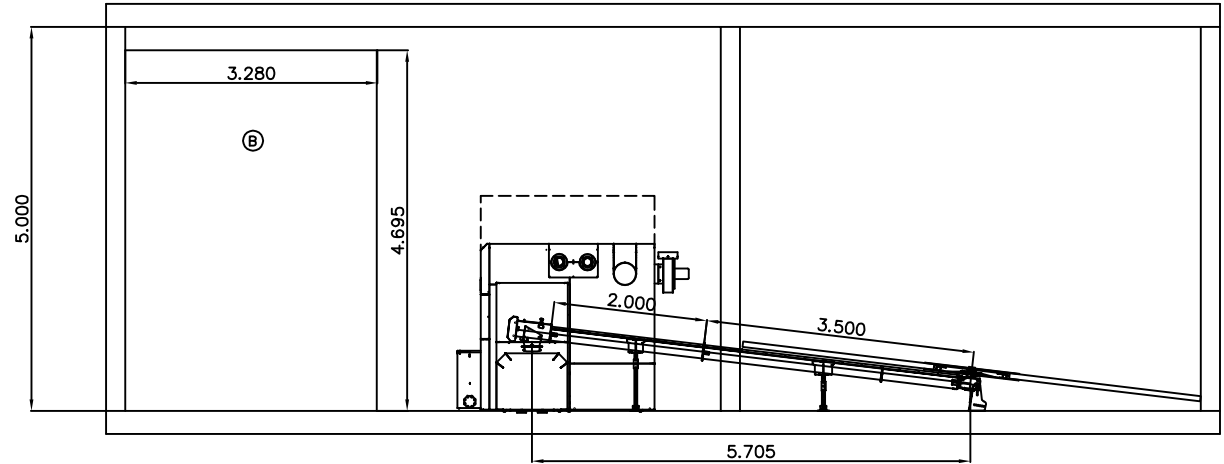
EMPLAZAMIENTO - Escala: 1/7.500

PLANO Nº: 0	ESCALA: 1/7500	PROMOTOR:	AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
		SITUACIÓN:	CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO:	PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
		PLANO:	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
FECHA: Octubre 2020	LUIS FELIPE RAMIREZ		

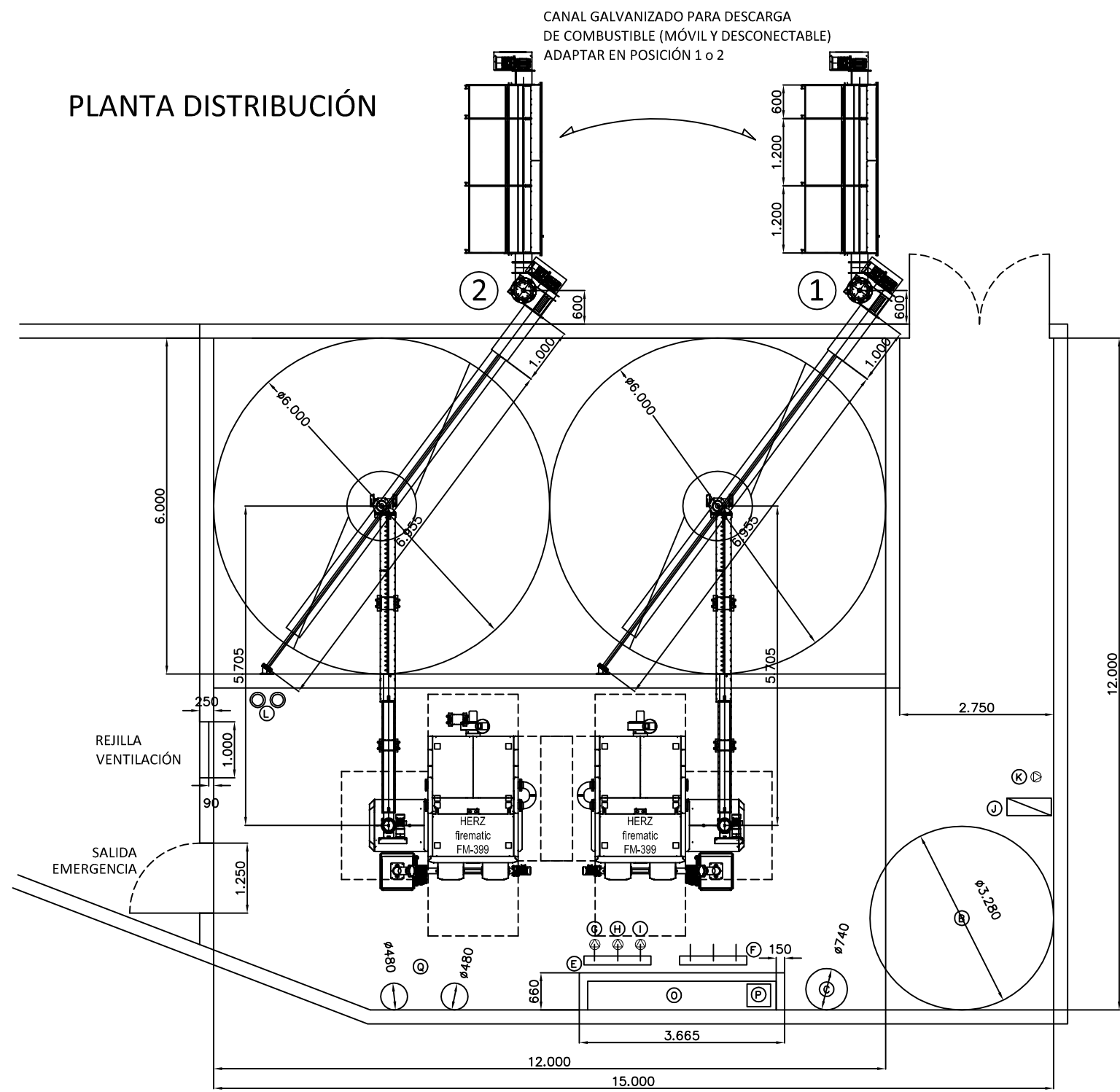
SECCIÓN (FM-399i + SISTEMA DE ALIMENTACIÓN)



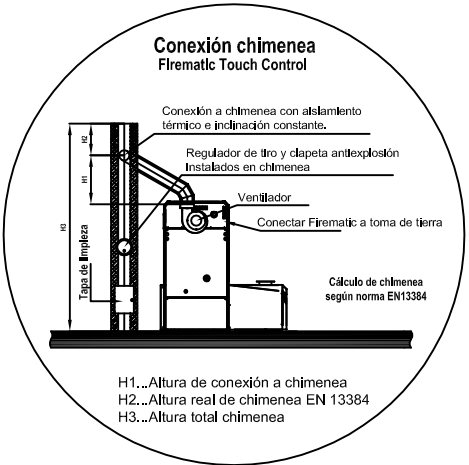
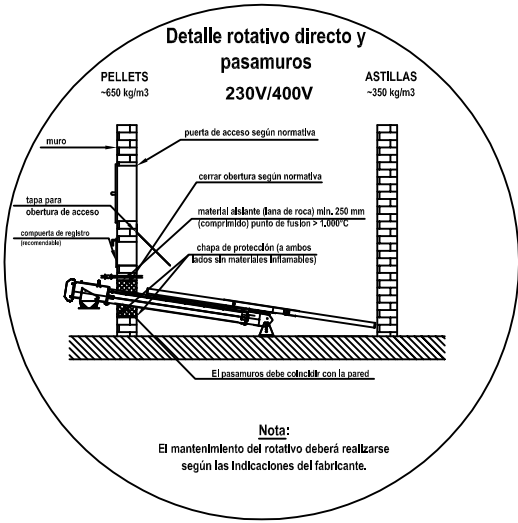
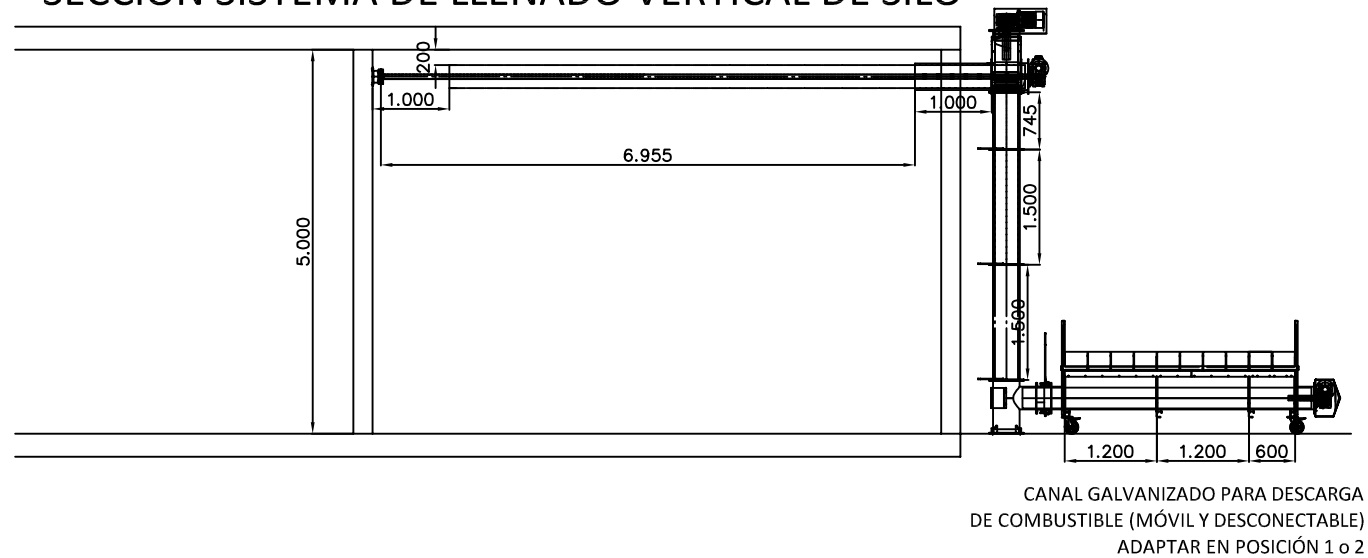
SECCIÓN (FM-399d + SISTEMA DE ALIMENTACIÓN)



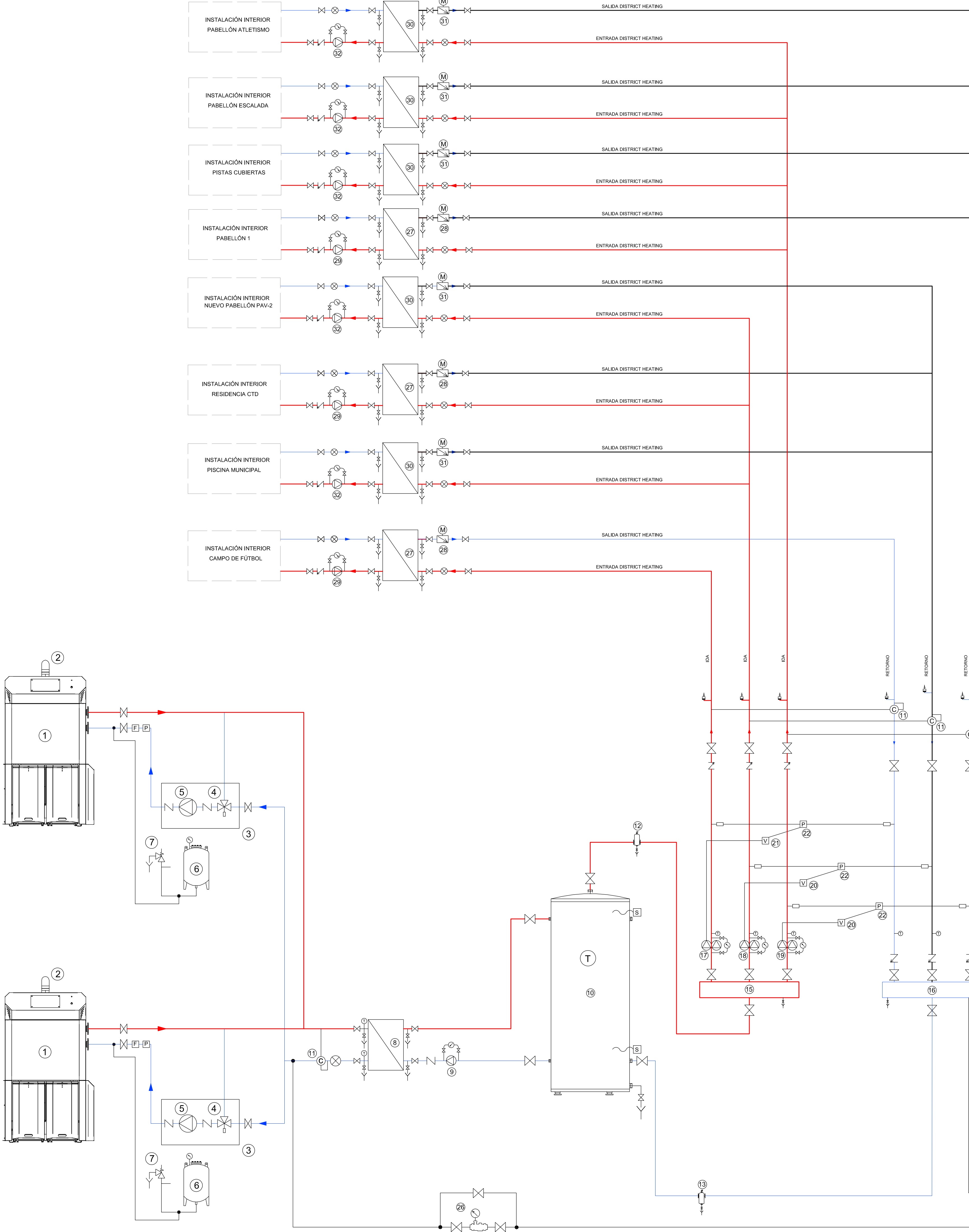
PLANTA DISTRIBUCIÓN



SECCIÓN SISTEMA DE LLENADO VERTICAL DE SILO



PLANO Nº: 1	ESCALA: 1/1000	PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
FECHA: Octubre 2020		PLANO: SALA DE CALDERAS



- 1 CALDERA FIREMATIC 399 KW
- 2 CHIMENEA EVACUACION DOBLE PARED ACERO INOXIDABLE, Ø INTERIOR 350 mm
- 3 SISTEMA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA DE RETORNO
- 4 VÁLVULA REGULADORA
- 5 BOMBA PRIMARIO CALDERA SEDICAL SIP 50/120.2-1.1/ K
- 6 VASO EXPANSIÓN CERRADO SEDICAL 80 lts MOD. NG 80/6
- 7 VALVULA DE SEGURIDAD CALDERA Ø1 ¼"x1½" 3bar CONDUCTIDA A SANEAMIENTO
- 8 INTERCAMBIADOR PLACAS SEDICAL MOD. UFP-63/93MH84-H PN10
- 9 BOMBA CIRC. SEDICAL SIM 80/190 1-1.1 / K
- 10 DEPOSITO DE INERCIA DE 16.000 LITROS
- 11 CONTADOR ENERGIA TERMICA
- 12 SEPARADOR DE MICROBURBUJAS
- 13 SEPARADOR DE LODOS
- 14 VASO EXPANSIÓN CERRADO SEDICAL de 1000 LITROS
- 15 COLECTOR IMPULSIÓN REALIZADO EN ACERO 10" 5/8
- 16 COLECTOR RETORNO REALIZADO EN ACERO 10" 5/8
- 17 BOMBA CIRCUITO I. SEDICAL SDP 40/145.1-1.1/K SVI
- 18 BOMBA CIRCUITO II.SEDICAL SDP 65/185.2-4.0/K SVI
- 19 BOMBA CIRCUITO III.SEDICAL SDP 65/185.2-4.0/K SVI
- 20 VARIADOR VELOCIDAD BOMBA DOBLE
- 21 VARIADOR VELOCIDAD BOMBA DOBLE
- 22 Sonda Presión Diferencial
- 23 CONTADOR AGUA FRÍA
- 24 DESCONECTOR HIDRAULICO
- 25 DESCALCIFICADOR AGUA ENTRADA AQUACAL 10 o SIMILAR
- 26 VÁLVULA LLENADO AUTOMATICO 3/4" TARADA A 3 BAR
- 27 INTERCAMBIADOR PLACAS 85/65 - 60/50 MARCA SEDICAL MOD. UFP 63/43 H-H-PN10
- 28 REGULADOR AUTOMATICO DE CAUDAL K-FLOW SM.3.0.B 65
- 29 BOMBA SECUNDARIO SEDICAL
- 30 INTERCAMBIADOR PLACAS UFP-63 / 22 H-H -PN10
- 31 REGULADOR AUTOMATICO DE CAUDAL K-FLOW SM.2.1.B 32
- 32 BOMBA SECUNDARIO SEDICAL
- 40 BOTELLA EQUILIBRADO CIRCUITO CALEFACCION Y PRIMARIO ACS. ACERO 4"

VÁLVULAS Y OTROS ELEMENTOS

E2½"

VÁLVULA DE CORTE TIPO ESFERA

R2½"

VÁLVULA DE RETENCIÓN

F3/4"

FILTRO TIPO "Y"

VÁLVULA DE TRES VIAS PROPORCIONAL

VÁLVULA DE SEGURIDAD TARADA

VACIO-SOBRADERO

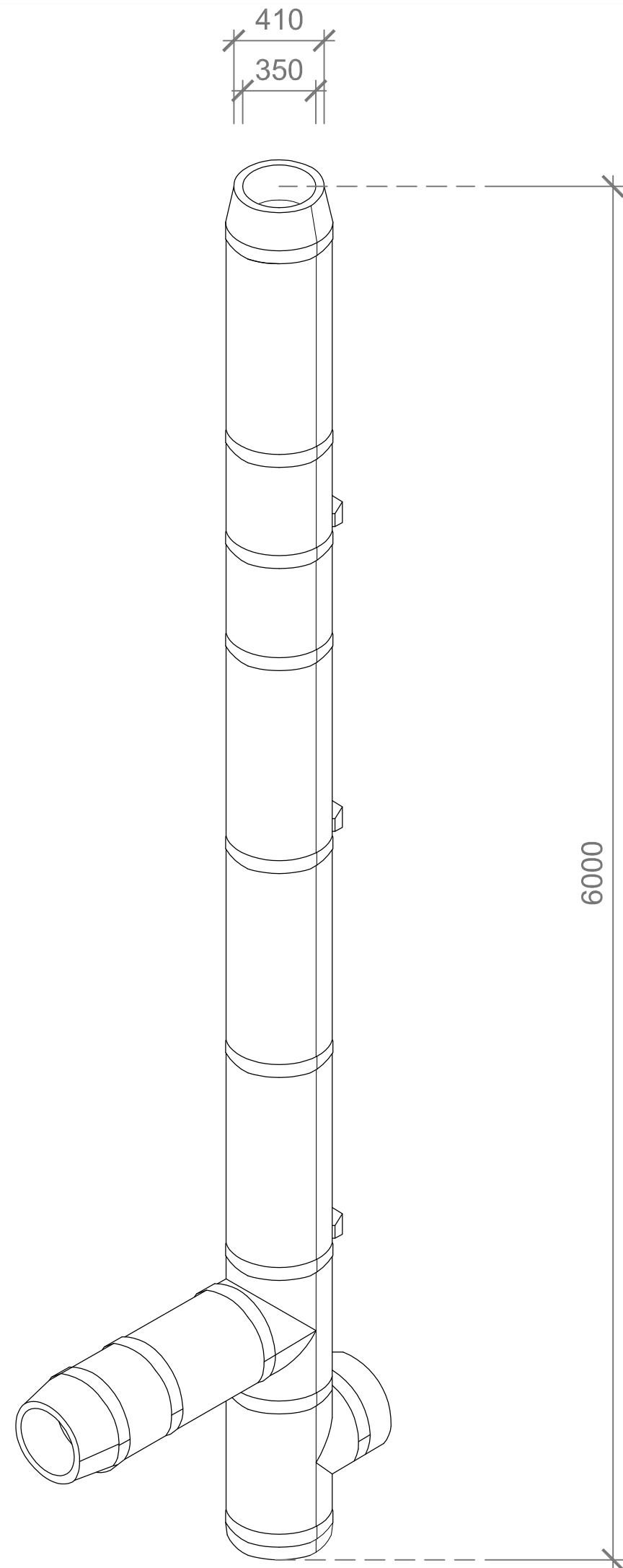
SEPARADOR DE AIRE o/PURGA

PURGADOR

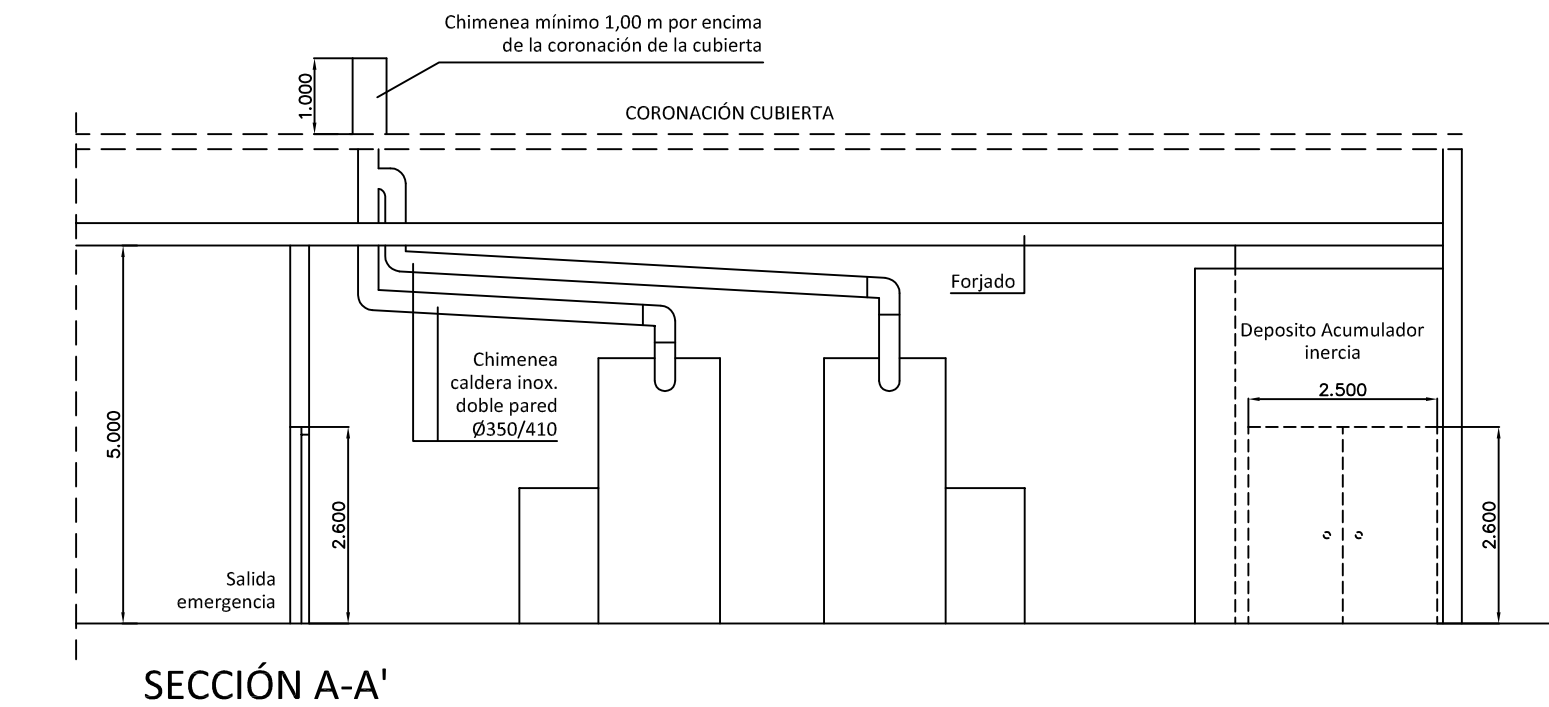
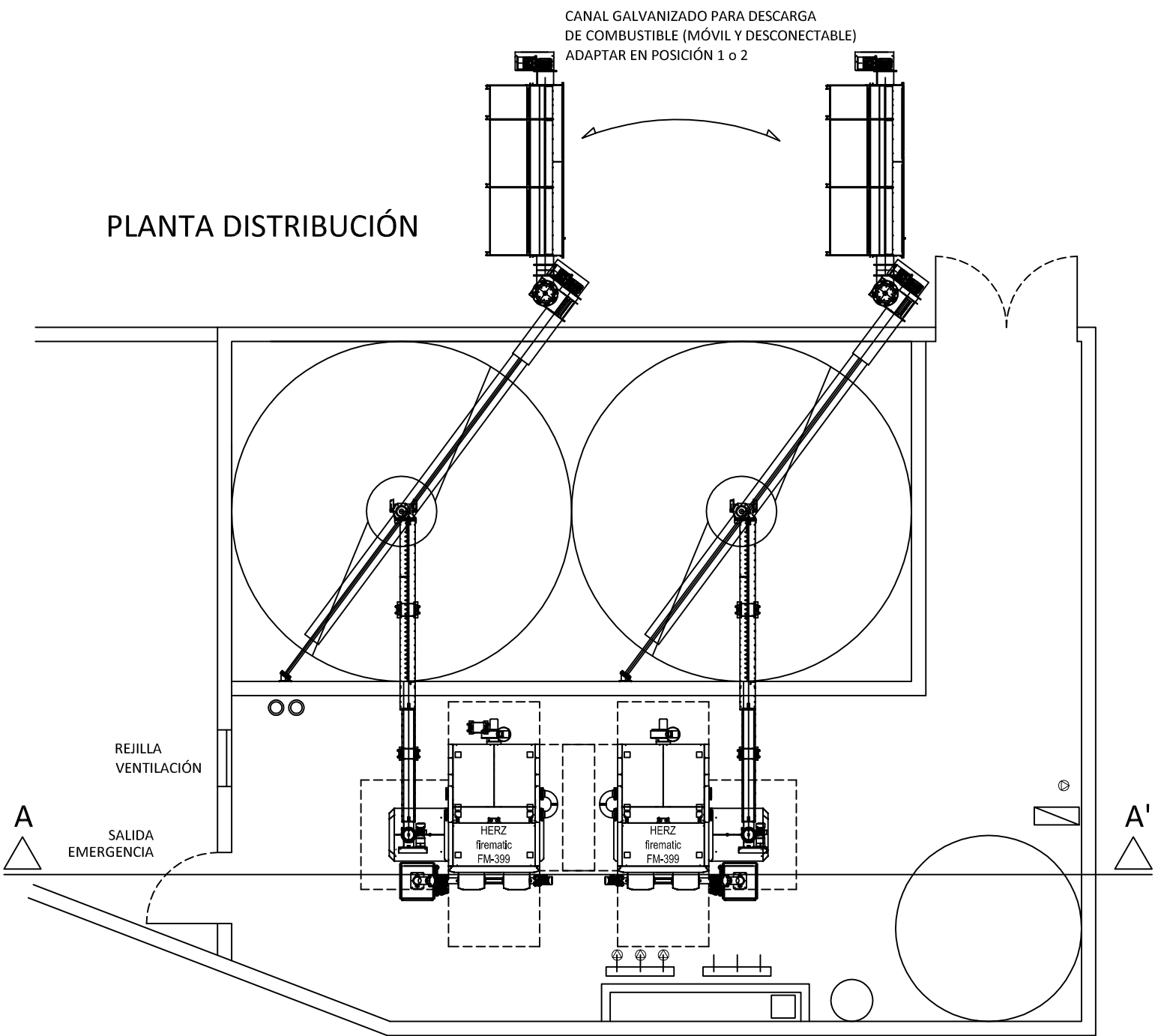
FLUXOSTATO

PRESOSTATO

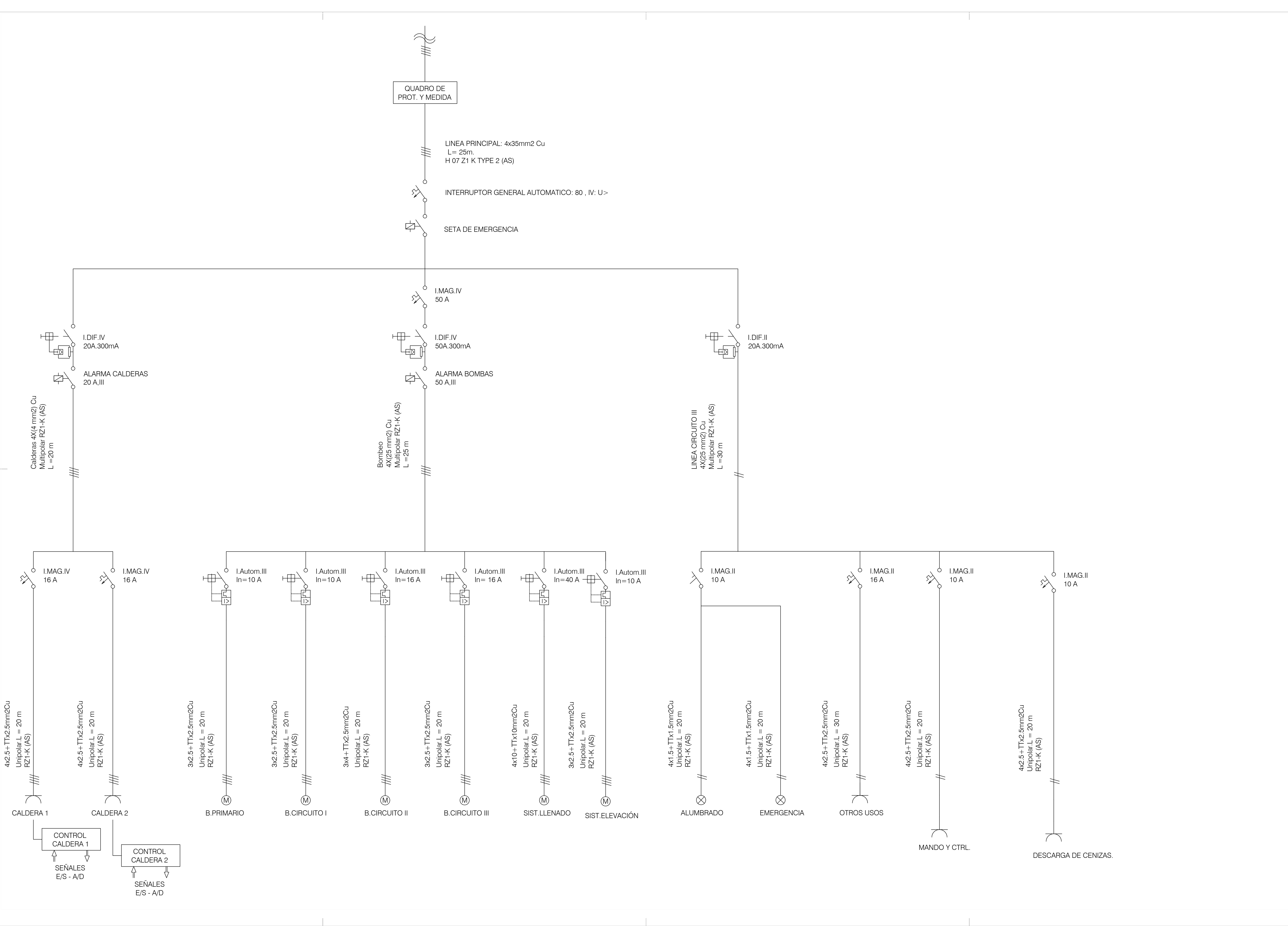
PLANO Nº: 3	ESCALA: S/E	PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
FECHA: Octubre 2020		PLANO: ESQUEMA HIDRAULICO



PLANO Nº: 4	ESCALA: S/E	PROMOTOR:	AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN:	CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO:	PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
FECHA:	Octubre 2020	PLANO:	DETALLE DE CHIMENEA

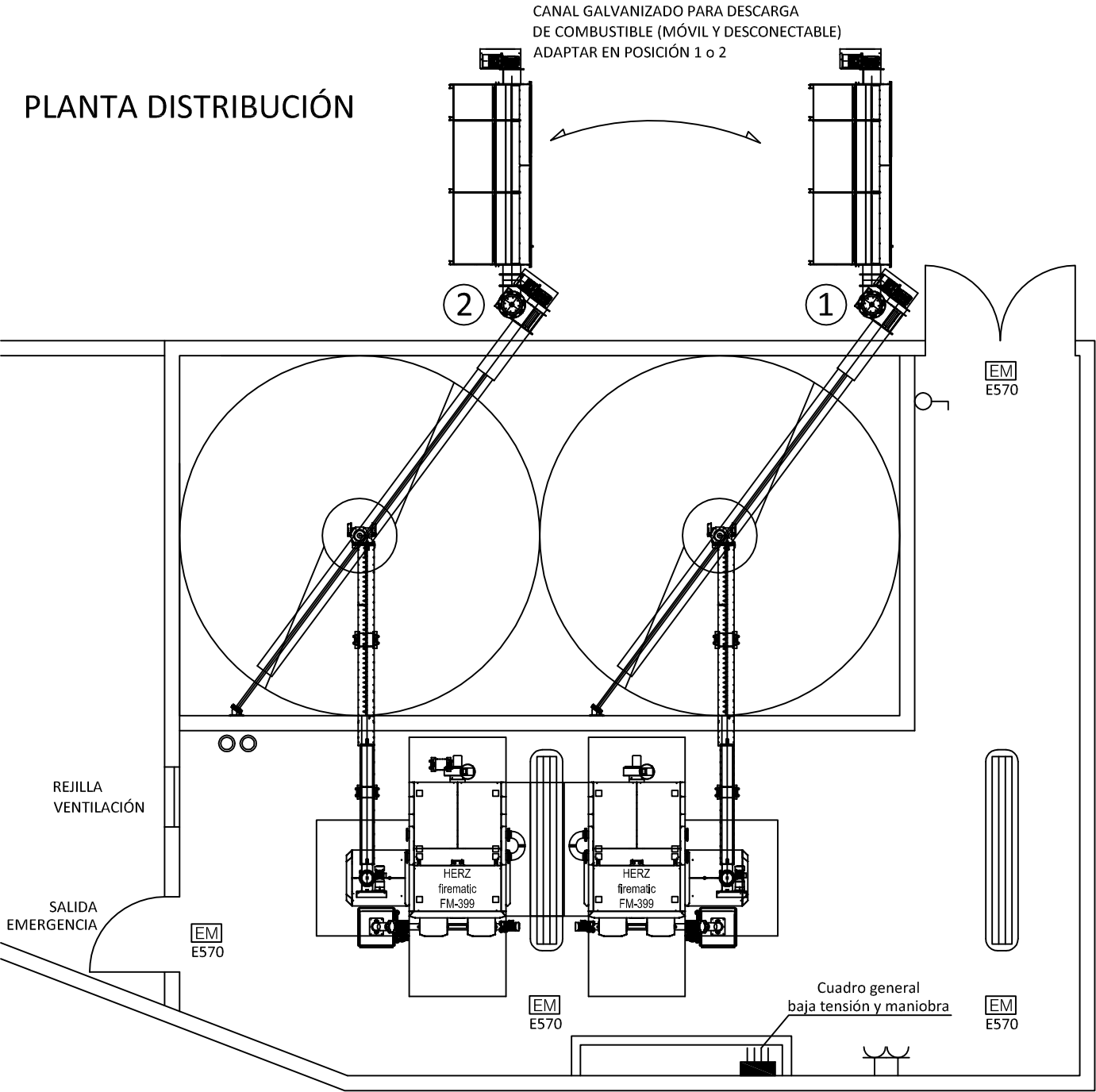


PLANO Nº: 2	ESCALA: 1/1000	PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
FECHA: Octubre 2020		PLANO: SECCIÓN CHIMENEA SALA DE CALDERAS

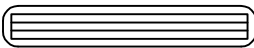






PLANO Nº: 6 FECHA: Octubre 2020	ESCALA: S/E 	PROYECTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
	PLANO:	ESQUEMA UNIFILAR

PLANTA DISTRIBUCIÓN

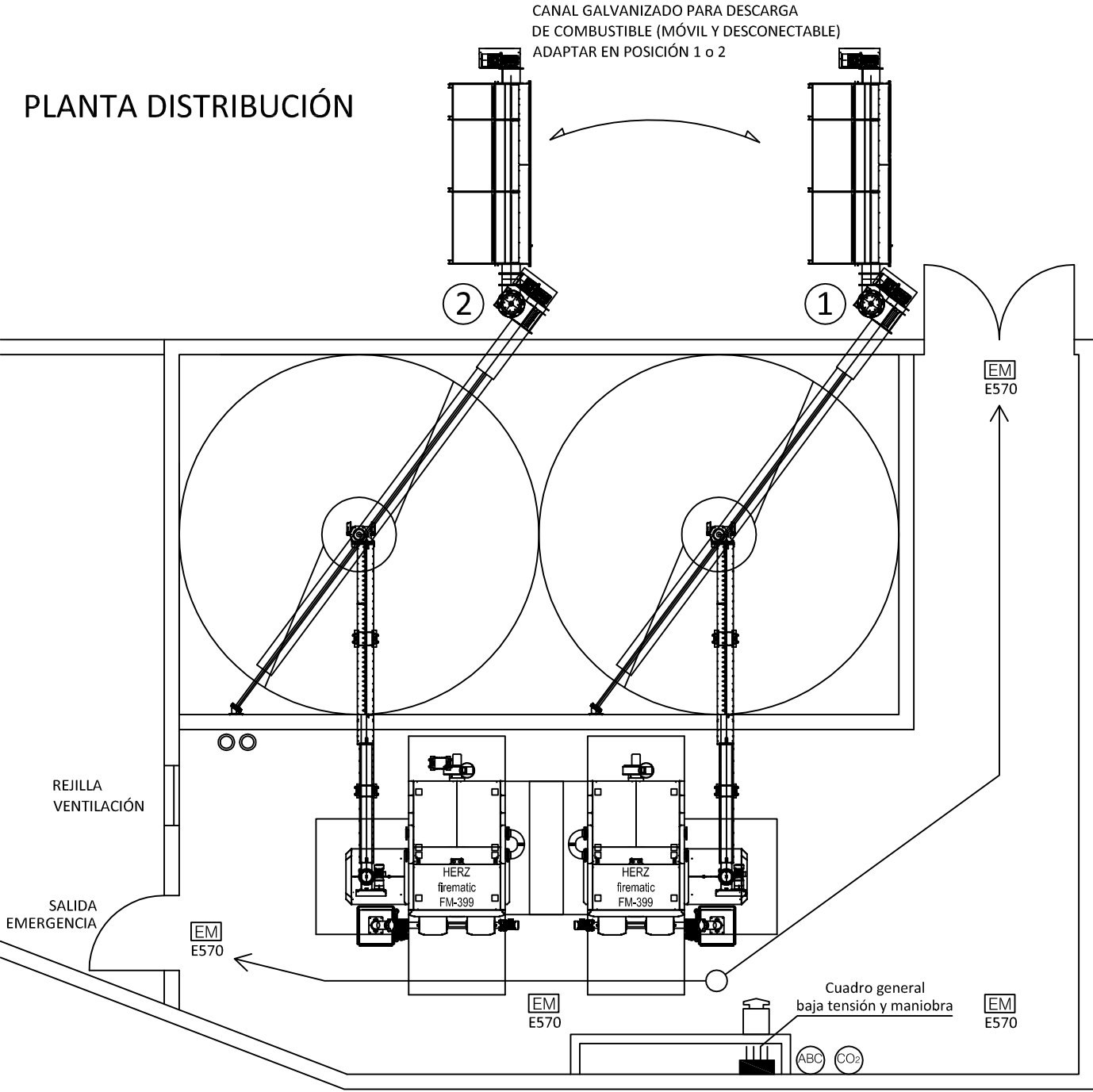


LEYENDA ELECTRICIDAD

-  Pantalla estanca 2x58W IP65
-  Bloque autónomo de emergencia 570 lúmenes
-  Toma corriente estanco 16A
-  Pulsador sencillo luz estanco
-  Cuadro general de baja tensión

PLANO Nº: 5	ESCALA: 1/1000 	PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
FECHA: Octubre 2020		PLANO: PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

PLANTA DISTRIBUCIÓN



LEYENDA

- Extintor 2 kg CO2
- Bloque autónomo de emergencia 570 lúmenes
- Extintor polivalente ABC 6 kg
- Seta de emergencia
- Cuadro general de baja tensión
- Recorrido de evacuación

PLANO Nº: 7	ESCALA: 1/1000 	PROMOTOR: AYUNTAMIENTO DE AMPOSTA
	LUIS FELIPE RAMIREZ	SITUACIÓN: CALLE ITALIA Nº 25
		ENCARGO: PROYECTO DISTRICT HEATING AMPOSTA
		PLANO: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
FECHA: Octubre 2020		

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

<i>PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES</i>	311
1. Introducción y Objeto.....	311
2.1 Reglamentación Legal.....	312
2.2 Normas de Uso	312
3. Especificación de tuberías y accesorios	313
3.1 Tubería Portadora.....	313
3.2 Dimensiones Pesos y Tolerancias	313
3.3 Codos y Cambios de Dirección	314
3.4 Protección de las Partes no Aisladas	314
3.6 Barrera Anti difusión.....	315
3.7 Kits de Empalme	315
3.8 Accesorios	315
3.10 Purgas	316
3.11 Terminales	316
3.12 Elementos de dilatación	316
3.13 Control de Calidad	316
3.14 Dimensionado de tuberías	317
4. Especificaciones de Construcción y Obras	317
4.1 Objeto	317
4.2 Alcance de los Trabajos	317
4.3 Tubería Enterrada.....	317
4.4 Transporte y Acopio.....	318
5. Montaje de Tubería	319
5.1 Uniones Soldadas	320
5.1.1 Homologaciones del Procedimiento de Soldadura.....	323

5.1.2	Instalación de Válvulas	323
5.2	Cruces y Paralelismos	323
5.3	Inspección y Control de Calidad	324
5.4	Puesta en zanja y Subestación de Intercambio	325
5.4.1	Zanjas	326
5.4.2	Arena de Relleno	326
5.4.3	Arquetas de Acometidas a Edificios	327
5.4.4	Malla de Advertencia	327
5.4.5	Subestación de intercambio	327
6.	Actuaciones Obra civil	328
6.1	Demoliciones	328
6.2	Preparación del Terreno y Movimientos de obra	329
6.3	Aceras, Calles y Zonas Peatonales	333
6.4	Afirmado de Calles	335
7.	Verificaciones y Pruebas para la Ejecución y Control de la Instalación	337
7.1	Alcance	338
7.2	Documentación de Referencia	338
7.3	Requisitos Generales	338
7.4	Requisitos Técnicos	340
7.4.1	Fluido de Prueba	340
7.4.2	Aparatos de Medida	340
7.4.3	Accesorios	340
7.5	Ejecución de las Pruebas de Estanqueidad	340
7.6	Limpieza	341
7.6.1	Limpieza Mecánica	341
7.6.2	Limpieza Química	342
7.7	Acta Final de Prueba	343

7.8 Puesta en Marcha	344
7.9 Documentación de Proyecto y Planos de Red.....	344
1. Introducción y Objeto.....	346
2. Disposiciones Aplicables	346
2.1 Reglamentación Legal.....	346
3. Condiciones de Diseño.....	347
3.1 General	347
3.2 Presión de Diseño.....	349
3.3 Temperatura de Diseño	349
3.4 Velocidad Admisible en Tuberías	349
3.5 Pérdida de Carga Admisible.....	350
3.6 Identificación de las Tuberías	350
3.7 Selección de Materiales de Tuberías	350
3.8 Soportes de Tuberías	350
3.9 Compensadores de Dilatación.....	352
3.10 Aislamiento Térmico.....	352
3.11 Cuadros de control	353
3.11.1 Ubicación	353
3.11.2 Pautas de Construcción	353
3.11.3 Paneles Auxiliares locales.....	355
3.11.4 Cableado y Bandejas	355
4. Condiciones de Ejecución	356
4.1 General	356
4.2 Preparación, Ejecución y Tolerancias Admisibles de Soldaduras	358
4.3 Acabados	358
4.4 Pruebas y Ensayos	359
4.4.1 Pruebas en Frio.....	359

4.4.2 Prueba de Resistencia Hidrostática	360
1. Ensayos y Pruebas en Origen	364
2. Transporte y Descarga.....	364
3. Montaje.....	364
4. Pruebas y Puesta en Marcha.....	365
5. Administración de Obra	366
6. Adiestramiento de Personal.....	366
7. Documentación.....	366

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

En el presente Pliego de Condiciones se han tenido en cuenta las disposiciones legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra, así como las prescripciones que se han de cumplir con relación a las características de utilización y la conservación de las máquinas, herramientas y equipos preventivos.

De igual forma, se refiere a la Adaptación al RD 1627/97 que señala las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, en conjunto con a la ley 54/2003 y al RD 171/2004, complementando con las recomendaciones definidas en la Guía Técnica publicada por el INSH.

1. Introducción y Objeto

El objeto de este documento es definir cualitativamente, los diversos elementos constitutivos de la red de tuberías incluida en las instalaciones térmicas del presente proyecto. Este documento está destinado a servir de base y guía para la preparación de planos de ingeniería y para establecer el material que se precisa, su fabricación y montaje.

Este documento cubre las necesidades generales para el proyecto, construcción, fabricación y comprobación de redes de tuberías. La extensión de elementos incluidos en la instalación será, por lo general, la indicada en el correspondiente Plano de Implantación.

Todos los planos realizados, emplearán dimensiones y demás unidades del sistema métrico decimal (diámetros, longitudes, espesores, etc.). Todas las especificaciones y notas en los planos se redactarán en idioma Español. Todos los planos y cálculos se enviarán para la supervisión del cumplimiento de las especificaciones indicadas. Los planos, para ser utilizados en obra, requerirán el visto bueno del Jefe del Proyecto.

El contenido de esta especificación son los requisitos mínimos requeridos para en caso de requerir alguna modificación será precisa la autorización por escrito del autor.

2. Disposiciones Aplicables

Tanto los materiales empleados como la ejecución de la obra y montajes, cumplirán las normas específicas para cada tipo de trabajo y se depurarán en los apartados correspondientes. Todos los equipos y materiales que se incorporen con carácter permanente, llevarán el marcado “CE”, de conformidad con la normativa vigente. Adicionalmente, se deberán aportar los certificados de conformidad de todos los equipos materiales de la instalación.

2.1 Reglamentación Legal

Las disposiciones legales aplicables al diseño y construcción de tuberías a que se refiere el presente proyecto, dependerán del tipo de fluido y de las condiciones de trabajo del sistema. La reglamentación aplicable será la aprobada por el Ministerio de Industria, según la revisión vigente.

Las normas que corresponden utilizarse en este apartado son las siguientes:

- RD 2060/2008, de fecha 12 de Diciembre, que establece el Reglamento de Equipos a Presión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- RD 709/2015, de fecha 24 de Julio, en el cual se señalan los Requisitos Esenciales de Seguridad para la Comercialización de Equipos a Presión.
- Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1: Calderas, Economizadores.

2.2 Normas de Uso

Además de cumplir los requisitos de esta especificación, el diseño general de todas las tuberías, así como su fabricación y pruebas, deberán ajustarse a lo que se menciona en las normas a las cuales se haga referencia. Las normas referidas son las siguientes:

- ❖ DIN
- ❖ ANSI
- ❖ ASTM
- ❖ ASA
- ❖ API
- ❖ UNE

3. Especificación de tuberías y accesorios

- Las tuberías preaisladas en fábrica serán marca LOGSTOR o similar y estarán compuestas por tubería portadora de acero, el aislamiento de espuma de poliuretano inyectado en continuo, barrera de anti difusión de aluminio y una cubierta exterior de polietileno de alta densidad.
- Debe tener una resistencia a esfuerzos cortantes entre la tubería de acero y la cubierta exterior de 0,12 N/mm como mínimo en dirección axial y de 0,2 N/mm en dirección tangencial.
- Todos los componentes del sistema de tubería deben cumplir, como mínimo, los requisitos técnicos de las siguientes normas:
 - ❖ EN 253: Sistemas de Tuberías pre aisladas para redes de agua caliente/fría enterradas.
 - ❖ EN 448: Accesorios pre aislados para redes de agua caliente/fría enterradas.
 - ❖ EN 488: Válvulas de acero pre aisladas para redes de agua caliente/fría enterradas.
 - ❖ EN 489: Ensamblaje de Juntas para Tuberías de calefacción/refrigeración urbana preaislada.
- Tanto las tuberías como accesorios preaislados se suministrarán con extremos de 210 mm libres de aislamiento para realizar la soldadura.

3.1 Tubería Portadora

- Las dimensiones de las tuberías serán conformes a ISO/DIN 2458.
- Las tuberías se suministrarán como tuberías electro soldadas, de acero, calidad St. 37.0BW según DIN 1626 o norma equivalente.
- El acero deberá garantizar una tensión en el límite elástico mínimo de 235 N/mm².
- La soldadura de las tuberías debe ser conforme a los requisitos de DIN 1626 y su calidad será certificada conforme a DIN 50049/3.1 B.

3.2 Dimensiones Pesos y Tolerancias

- Las tuberías se suministrarán en largos de 6,00 m., 12,00 m o 16,00 m.
- La tolerancia de las longitudes es de -0/+15 mm.
- Los extremos de las tuberías deberán ser biselados, tal como se describe en la norma DIN 1626, párrafo 4.10.5, sobre preparación para soldadura (ISO6761/DIN 2559/22).
- El peso y las desviaciones permisibles deben ajustarse a la DIN 1626, párrafo 4.10.2.2, que prevalecerá sobre el párrafo 4.10.6.

3.3 Codos y Cambios de Dirección

- Los codos, tes y demás accesorios de las tuberías se suministrarán como componentes pre aislados en fábrica o para aislar en obra de la misma marca, con todos los componentes suministrados por el fabricante de la tubería pre aislada, cuya calidad (después de su instalación) deberá ser la misma que la de las tuberías según EN 448.
- Los cambios de dirección se conseguirán utilizando tramos de tubería curvados y pre aislados en fábrica según el ángulo de curva indicado.
- Tanto las tuberías curvas (codos), como los accesorios se suministrarán acabadas en tramos rectos en los extremos. La longitud de tramo recto debe ser de al menos 500 mm. Las longitudes deberán establecerse en la oferta o acordarse con el comprador.
- Todos los codos deberán fabricarse partiendo de tubería soldada longitudinalmente. La tolerancia máxima admitida en el suministro de los codos es de +/- 2,0 grados.

3.4 Protección de las Partes no Aisladas

- Es necesario proteger aquellas partes de la tubería que no se encuentran aisladas, y que estén situadas dentro de una arqueta o un edificio aplicando una capa de pintura tipo epoxi.
- Los tramos de tubería no aislados (tuberías de purga o vacío) deberán protegerse con Polietileno de alta densidad, debiéndose proteger además las uniones con PE termo retráctil.

3.5 Aislamiento de Espuma

- El aislante de la tubería deberá cumplir los requisitos de la EN 253 (revisión 2003), y el Proveedor deberá certificar que el ciclo de vida de la espuma es de 30 años, a una temperatura constante de 150 °C.
- Se realizarán los trabajos de aislamiento en obra según las especificaciones del proveedor de tuberías. En cada extremo del aislamiento se instalará el sistema de protección y estanqueidad entregado por el suministrador de la tubería. En cualquier caso, el sistema de aislamiento de las uniones y su protección exterior deberán cumplir con todos los requisitos de la norma, y sobre todo los de estanqueidad.
- El sellado será de tipo doble. En primer lugar, se instalará mediante un soplador la cubierta que alojará el material aislado proporcionado por el proveedor. Una vez este haya sido introducido, se tapará la abertura de entrada y se instalará una cinta termo retráctil de protección.

- Se realizará un control del 100 % de las uniones mediante prueba de presión con agua jabonosa.

3.6 Barrera Anti difusión

Entre el aislamiento (PUR) y la cubierta exterior (HDPE), la tubería llevará incorporada durante el proceso de fabricación una barrera anti difusión. Estará construida por una película de aluminio, esta envolverá el aislamiento en toda su longitud e irá perfectamente adherida al aislamiento, formando un conjunto totalmente compacto.

Esta barrera resulta imprescindible para mejorar el coeficiente de aislamiento térmico, prolongar la vida útil de la red y fundamentalmente para evitar la degradación del aislamiento, garantizando la efectividad constante de este, sin aumento de pérdidas por envejecimiento a lo largo de la vida útil del sistema.

3.7 Kits de Empalme

Para aislar térmicamente la unión entre barras, o entre barras y componentes, es necesario el post aislamiento de la zona correspondiente a la soldadura. Para ello se emplean lo que denominamos kits de empalme según EN 489. Cada junta de unión estará constituida por un Kit, el cual está compuesto de:

- Dos semicilindros aislantes prefabricados, de poliuretano rígido de idénticas características y mismo coeficiente de transmisión U que el aislamiento de las tuberías.
- Un envoltorio impermeabilizante termo retráctil para recubrimiento y protección del aislamiento.
- Envoltorio exterior de polietileno reticulado termo retráctil de construcción robusta y rigidez mecánica adecuada, provista de sellado independiente en cada extremo para garantizar la estanqueidad de las uniones, incluso en terrenos con presencia de agua en el subsuelo.
- No se admitirán envoltorios que contengan elementos metálicos para las juntas de unión, sin previa autorización de la dirección de obra y solamente en los casos en que se necesite realizar piezas especiales por necesidades de obra.

3.8 Accesorios

Los componentes necesarios para desarrollar las redes preaisladas con la tubería LOGSTOR están fabricados según EN 448. No se permitirán accesorios aislados en obra o aislamientos inyectados, salvo aprobación expresa de la Dirección Facultativa.

3.10 Purgas

- En los puntos altos del perfil longitudinal se preverán purgas de aire. Estas purgas podrán no ser automáticas.
- La tubería de purga será de acero preaislado protegido de polietileno.
- Las válvulas de purga se ubicarán en arquetas de dimensiones mínimas interiores de 80x80 cm con tapa cuadrada de 70x70 cm.
- En el interior de la arqueta se instalará una válvula de mariposa para cada purga, un tramo de tubería y un tapón roscado con un agujero pasante en las últimas vueltas por donde salga el agua alojada una vez se comience a desenroscar. De esta forma se gana seguridad en caso de que la válvula no cierre bien.

3.11 Terminales

Los end caps. o terminales termoretráctiles son elementos con forma de caperuza formados a base de poliolefinas. Su función es proteger el aislamiento de cualquier elemento que pueda alterar sus propiedades, como por ejemplo el agua. Se emplean en los extremos, inicial y final de cada línea de tuberías preaisladas.

3.12 Elementos de dilatación

Preferentemente se absorberán las dilataciones por compensación natural (liras, codos...). Las liras se dispondrán cada 100 metros.

3.13 Control de Calidad

- El sistema de calidad deberá basarse en los requisitos establecidos en la norma internacional para sistemas de calidad, ISO 9001.
- El proveedor deberá documentar y demostrar que todas las actividades relativas a la calidad de los suministros a lo largo del proceso, desde la confirmación del pedido, desarrollo/diseño, compra, fabricación hasta la entrega al cliente, se han llevado a cabo bajo condiciones controladas y bien organizadas.
- Como mínimo, el proveedor proporcionará un manual de calidad que describa el sistema de calidad.
- Deberán definirse y describirse las esferas de responsabilidad y autoridad relativas a calidad de tal manera que puedan evaluarse la efectividad del sistema y la autoridad del director de calidad.

3.14 Dimensionado de tuberías

- El Proveedor facilitará a solicitud del comprador, la asistencia técnica para el rediseño definitivo del sistema de tuberías, basándose en el esquema con el dimensionado hidráulico proporcionado por la propiedad.
- La tensión axial de la red debe ser inferior a 150 N/mm^2 , por lo que se instalará un sistema de compensación capaz de absorber las dilataciones de la red, de manera que éstas sean absorbidas como tensión y no como movimiento.
- Para evitar el deslizamiento de la tubería portadora entre la espuma aislante y la envolvente exterior, no se admitirá ningún sistema que utilice puntos fijos o cualquier tipo de anclaje para absorber las dilataciones.
- Las tuberías, válvulas y accesorios serán mínimo PN16.

4. Especificaciones de Construcción y Obras

4.1 Objeto

El Objeto de la presente especificación es precisar los requisitos que deberán cumplirse para la realización del montaje mecánico de tuberías de acero en las redes de tuberías preaisladas de la red de calor.

4.2 Alcance de los Trabajos

Los trabajos incluidos en la presente especificación abarcan los siguientes aspectos, todos ellos relacionados con la instalación de tuberías en redes:

- ❖ Recepción, almacenamiento y manipulación en obra de tuberías y accesorios.
- ❖ Montaje de tubería.
- ❖ Ejecución de soldaduras.
- ❖ Instalación de válvulas.
- ❖ Cruces y paralelismos.
- ❖ Realización de pasos especiales.

4.3 Tubería Enterrada

- Las obras consisten en la apertura de la zanja, de la forma y dimensiones que se definirán en función de las dimensiones exteriores de las tuberías.
- Donde los planos de planta prevean el cruce con servicios existentes se deberá realizar la apertura de la zanja con mucho cuidado, utilizando medios manuales en los casos más delicados.
- Una vez abierta la zanja se extenderá y compactará un lecho de arena de 10 cm. de grosor por encima del cual se colocarán las tuberías de impulsión y retorno de diámetros proyectados. Se

colocará la protección de arena de hasta 15 cm. por encima de la generatriz de la tubería de diámetro mayor.

- Una vez finalizada la protección de arena se procederá al relleno con material seleccionado, mediante el extendido y compactación de capas de 25 cm. de grosor.
- Por encima de la primera capa compactada de 25 cm. de grosor se colocarán dos cintas señalizadoras del servicio, coincidiendo con el eje de las tuberías de distribución.
- La compactación del material de relleno será al 95% del Proctor Modificado. El criterio de trazado, tanto en planta como en alzado, será intentar afectar el mínimo de servicios existentes, reduciendo también al mínimo el número de codos para evitar pérdidas de carga.
- Así en el trazado en planta, se permiten pequeñas variaciones del trazado mediante pequeños giros de no más de 3°.
- En alzado la pendiente mínima de las tuberías es de un 2 % y los giros entre tramos de tubería no superan los 3°.
- Sólo se colocarán codos cuando sea estrictamente necesario para la cantidad y variedad de servicios existentes.
- En los puntos de cambio de rasante, los puntos altos y bajos del trazado en alzado, se colocarán purgas y descargas respectivamente, con las arquetas, válvulas, elementos necesarios.
- Al finalizar el relleno de la zanja y la ejecución de los elementos singulares se procederá a la reposición de pavimento (si fuese necesario) para lo cual se seguirá la normativa del Ayuntamiento de Amposta.

4.4 Transporte y Acopio

- Tanto los materiales suministrados por la Propiedad como aquellos que sean suministrados por el Contratista, deberán cumplir en cada caso las correspondientes especificaciones de materiales del Pliego de Prescripciones Técnicas.
- El Contratista deberá verificar que los materiales se encuentran en correcto estado y que no han sufrido daños durante su transporte y manipulación.
- Los materiales suministrados por la Propiedad serán entregados ya sea en sus almacenes o sobre camión en obra o el taller del Contratista, según se recoja en el contrato o pedido firmado entre ambas partes.
- El Contratista efectuará la recepción de los materiales, dejando constancia de los defectos detectados en una inspección visual, pues de otro modo el Contratista será responsable de los mismos, sin poder reclamar cantidad alguna por estos conceptos, salvo que se trate de defectos internos.

- En el caso de defectos en materiales suministrados por el Contratista, la Propiedad se reserva el derecho de aceptar estos materiales o rechazarlos para ser sustituidos por unos nuevos en buen estado. El contratista deberá realizar la reparación o sustitución sin coste alguno para la Propiedad.
- Durante las operaciones de carga, transporte, descarga, almacenamiento y utilización, los materiales deberán ser manipulados de forma que se evite cualquier daño. Especial atención se prestará a los extremos y las partes roscadas que deberán ser protegidos de golpes y agresiones.
- Se admite la utilización de ganchos y cables para la elevación y movimiento de tubos y materiales, siempre y cuando estén suficientemente protegidos para no producir daños. Durante el izado, los cables adoptarán la suficiente inclinación para evitar esfuerzos innecesarios. Se deben emplear únicamente cinchos con 100mm de ancho. También se podrán desplazar las barras sujetándolas por lo extremos siempre que los cinchos sean suficientemente largos para no dañar el envolvente.
- Durante el almacenamiento, los materiales no estarán en contacto con el terreno natural, debiendo interponerse entre éste y las tuberías y accesorios, una lámina de polietileno o una manta de protección. La tubería acopiará separado los tubos del suelo como mínimo 100mm. Los puntos de apoyo se colocarán cada 5 metros máximo, con los puntos de apoyo de los extremos del tubo como mínimo a 400mm. La altura máxima de acopio de las tuberías será de 2 metros. Se deberán de colocar todas en la misma dirección, no admitiéndose apilamientos de tuberías de distinto diámetro o características. En cuanto a los accesorios, espuma PUR, mangas termo retráctiles, terminales termo retráctiles, etc., se deben almacenar protegidos de las inclemencias del tiempo en un lugar seguro, a una temperatura entre 16 y 22°C.

5. Montaje de Tubería

- Se deberá revisar la tubería preaislada para detectar la posible presencia de defectos, deformaciones, arañazos o daño superficial. En el caso que éstos disminuyan su espesor nominal (grietas, incisiones) o afecten a su forma (abolladuras), el tramo de canalización no será admitido, por lo que deberá de ser eliminado y sustituido por otro.
- Los defectos leves en el revestimiento podrán ser localmente reparados sin ser eliminado el tramo de tubería correspondiente. No se procederá al tendido de la tubería hasta que ésta no haya recibido la conformidad de la Dirección de Obra.
- Antes de comenzar el montaje de cualquier tubo, pieza o accesorio deberá de ser convenientemente limpiado, eliminando impurezas que pueda contener. Se verificarán los

certificados de origen y/o calidad de los materiales, así como, los certificados de pruebas a que hayan sido sometidos.

- Los materiales que haya recibido el Contratista sin haber sido sometidos a pruebas, deberán probarse de conformidad con lo indicado en las respectivas especificaciones técnicas de los materiales. El Contratista no podrá reclamar pago por estos conceptos ya que su coste debe estar ya incluido en los precios ofertados.
- El Contratista deberá desarrollar cuantos planos, isométricos y croquis auxiliares considere oportunos para su trabajo, basándose en las informaciones contenidas en los planos y demás documentos del Proyecto y en las indicaciones de la Dirección de Obra.

5.1 Uniones Soldadas

- Los tubos tendrán la mayor longitud posible, con objeto de reducir al mínimo el número de uniones.
- En las uniones soldadas en tramos horizontales, los tubos se enrasarán por su generatriz superior para evitar la formación de bolsas de aire.
- No se podrán realizar uniones en los cruces de muros, forjados, etc.
- Las tuberías se alinearán convenientemente para su montaje, utilizándose sujeciones adecuadas.
- Las correcciones de alineación se podrán realizar con el empleo de martillos de cabeza de bronce.
- Las soldaduras que unan secciones de conducciones previamente enterradas se harán en zanja, para lo cual deberán de preverse plazas de dimensiones adecuadas.
- El resto de soldaduras se realizarán, a nivel de suelo. En estos casos los tubos se colocarán en soportes al menos a 40 cm del suelo.
- El procedimiento de soldadura, así como el tipo de electrodo a emplear será propuesto por escrito a la Dirección Facultativa por el Contratista para su aprobación.
- Para cada procedimiento de soldadura que se utilice, el Contratista justificará que la soldadura sea de buena calidad mediante una calificación del procedimiento de la soldadura.
- De la misma manera, los soldadores que efectúen los trabajos deberán recibir la oportuna homologación, tal y como se expone en la presente especificación.
- Para la preparación de extremos para soldar, se formará en el extremo del tubo un bisel de 55-60°. Las rebabas, rebajes o irregularidades en el borde biselado a soldar o el óxido o incrustación excesivos se eliminarán con ayuda de un disco abrasivo giratorio.
- Todos los extremos biselados y bordes de tubos se limpiarán con un cepillo metálico de acero. Se limpiará una zona de 15 cm de ancho como mínimo en la parte de fuera y en la de dentro de la

tubería o accesorio, a partir del borde de la soldadura. Se eliminarán todas las impurezas, óxidos, escorias, grasas o cualquier otro material que pueda afectar a la soldadura.

- Las irregularidades (abolladuras) en los bordes biselados que se desvíen de la curvatura normal en profundidad inferior a 4mm y cuya longitud no exceda de 20mm en sentido circunferencial y 70mm en sentido longitudinal a partir del borde de la soldadura, se podrá eliminar con un martillo, que podrán ser de cabeza de polímero o bronce.
- El tubo o accesorios se rechazarán o se someterá a un corte para eliminar la zona afectada si se da alguno de los siguientes hechos:
 - No se pueden martillar las irregularidades en la forma descrita.
 - El defecto presenta unas dimensiones mayores a las indicadas.
 - Existe algún punto en la superficie afectada por el defecto con un espesor de pared inferior al resto del tubo o accesorio.
- El corte para la eliminación de la zona afectada por un defecto se realizará perpendicularmente al eje del tubo. Se empleará un procedimiento mecánico, repasándose a continuación el corte y seguidamente se preparará el bisel necesario.
- Se realizará un calentamiento de la zona próxima a la soldadura antes de comenzar ésta, en función de las condiciones climatológicamente necesario.
- No se permite soldaduras con temperatura inferiores a 10°C.
- Si la temperatura ambiente es menor de 10°C será preciso precalentar la tubería hasta 100°C.
- Si la temperatura ambiente es mayor de 10°C, pero existe una humedad elevada, lluvia, niebla, etc., la zona de soldadura se deberá calentar hasta un mínimo de 50°C.
- En ningún caso se superarán los 120°C durante el precalentamiento.
- En los casos en que se necesite precalentamiento se tomará en consideración lo siguiente:
 - El precalentamiento se realizará de tal forma que se mantenga una banda de al menos 100mm de ancho a ambos lados de los bordes de la soldadura, a lo largo de toda la circunferencia y a una temperatura constante y uniforme.
 - La temperatura de precalentamiento se comprobará cuando comience la soldadura.
 - Si el trabajo de soldadura se interrumpe durante más de 15 minutos después que se haya realizado el número mínimo de pasadas requerido, se comprobará de nuevo la temperatura de precalentamiento. Si dicha temperatura no alcanza el nivel requerido, se volverá a aplicar calor.
 - Tanto el precalentamiento como el tratamiento térmico posterior, podrán efectuarse mediante sopletes de llama oxipropánica, calentadores , eléctricos o resistencias.

- El control de la temperatura se efectuará mediante lápiz termo color o termómetro digital.
- La ejecución de la soldadura se realizará teniendo en cuenta que:
 - Se prohíbe golpear la tubería una vez comenzada la soldadura.
 - El proceso a seguir será el de soldadura TIG.
- Los tubos a soldar se alinearán mediante uso de mordazas adecuadas. La alineación de los tubos deberá ser tal que las generatrices exteriores de ambos lados no disten más de 1,5 mm entre sí (en sentido radial).
- Cuando se usen tubos con soldadura longitudinal, se evitará que los cordones longitudinales coincidan o estén próximos al enfrentar los tubos.
- Antes de retirar la mordaza de alineación se debe haber realizado al menos un 50% de la longitud total de la circunferencia de la primera pasada, igualmente, distribuida alrededor de la circunferencia.
- La ejecución de la soldadura cumplirá, en todos los puntos, lo establecido en el procedimiento de soldadura presentado por el Contratista y aprobado por la Dirección de Obra.
- La secuencia de soldeo dependerá del diámetro del tubo o accesorios a soldar.
- No se admitirá detener el proceso de soldadura hasta haber completado la segunda pasada o haber depositado el 40% del espesor, lo que suceda más tarde.
- Si se detiene la soldadura durante más de una hora, se deberá verificar nuevamente que la zona de unión se mantiene a la temperatura de precalentamiento.
- Toda soldadura se completará en una sola jornada de trabajo.
- El número de pasadas dependerá del espesor de los tubos a soldar. El espesor de cada pasada será de 2,5 o 3,0 mm.
- En el caso de soldaduras descendentes, las tres primeras pasadas se harán en una sucesión tan rápida como sea posible.
- No se comenzarán dos cordones de soldadura en un mismo punto.
- Bajo ninguna circunstancia incidirá el arco de la soldadura en la superficie del tubo fuera de los biseles de soldadura. Si esto ocurriera inadvertidamente se cortará la totalidad de la soldadura y la parte dañada del tubo.
- Una vez terminada la pasada final, se limpiará la soldadura de escorias y salpicaduras. El espesor de esta pasada final una vez limpia, estará comprendida entre 2,5-3,0 mm y el cordón sobrepasará 1,5-2,0 mm del bisel de los tubos soldados.

- Si en la opinión de la Dirección de Obra, las condiciones atmosféricas pudieran perjudicar la soldadura, no podrá realizarse ésta, salvo que se adopte un dispositivo de protección adecuado que deberá ser previamente aprobado.
- Las soldaduras completadas deberán protegerse contra un enfriamiento excesivamente rápido.
- Los electrodos se almacenarán y manipularán de manera que no sufran daños y que puedan ser identificados convenientemente. Se evitará que los electrodos puedan verse afectados por la humedad, polvo, grasa, etc., por lo que se recomienda el uso de estufas o dispositivos análogos.
- La soldadura deberá quedar marcada con la identificación del soldador que la ha realizado. El marcado se realizará con un rotulador a prueba de intemperie.

5.1.1 Homologaciones del Procedimiento de Soldadura

- No se admitirá ninguna soldadura realizada por un procedimiento no homologado.
- La homologación del procedimiento de soldadura en todos sus puntos se hará según la norma EN 288 y API 1104.
- Las soldaduras de ensayo para homologación de los procedimientos de soldadura podrán servir también para la homologación del soldador que realice dichas soldaduras.

5.1.2 Instalación de Válvulas

- Las Válvulas de acero preaisladas, se instalarán enterradas o en arquetas.
- Las válvulas enterradas tendrán siempre ambos extremos soldados, estando prohibida la unión mediante bridas u otros tipos de unión mecánica en válvulas enterradas. Las válvulas con bridas, únicamente podrán instalarse en aquellos casos en que así se especifique en los criterios de diseño y cálculo de redes.

5.2 Cruces y Paralelismos

Se ha proyectado el trazado de las tuberías con afecciones mínimas a los servicios existentes (agua potable, electricidad, gas, teléfono, colectores, etc.) o de realizar algún cruce o paralelismo con los siguientes servicios:

- ❖ Redes de gas.
- ❖ Abastecimiento
- ❖ Alcantarillado.
- ❖ Líneas eléctricas enterradas.

Siempre que sea posible se mantendrá una distancia recomendable de 80 cm entre las tuberías preaisladas y el otro servicio en caso de paralelismo y cruces de alcantarillados; en el caso de

cruzamientos con líneas eléctricas, la distancia recomendable es de 40 cm y de 30 cm en otros cruces. En cualquier caso, se deberán respetar las siguientes distancias mínimas:

- ❖ 10 cm en cruces con conducciones de naturaleza diversa y líneas de gas en media y baja presión.
- ❖ 20 cm en cruces con líneas de gas en alta presión y líneas eléctricas, y paralelismos con conducciones de naturaleza diversa, líneas de gas en media y baja presión y líneas eléctricas de baja tensión.
- ❖ 40 cm en cruces con alcantarillado y paralelismo con líneas de gas en alta presión y con líneas eléctricas en alta tensión.
- ❖ 40 cm en paralelismos con alcantarillado.

El objeto de estas distancias es facilitar las operaciones de mantenimiento de las redes y asegurar la integridad y protección física de las mismas y de los operarios ante las posibles influencias del otro servicio. Siempre y cuando no se puedan respetar aquellas distancias indicadas anteriormente será necesario instalar las protecciones adecuadas según indique cada compañía.

5.3 Inspección y Control de Calidad

- Las soldaduras se inspeccionarán visualmente durante su realización y una vez terminadas. Se realizarán, asimismo, ensayos no destructivos una vez terminadas las soldaduras.
- El Contratista presentará antes del inicio de la obra un plan de radiografiado que deberá ser aprobado por la Dirección de Obra, quien se reserva el derecho de variar dicho plan. Se radiografiará el 10% de las soldaduras de líneas y derivaciones.
- El número de radiografías resultantes se aplicará uniformemente a los diferentes diámetros de tubos empleados en la obra.
- La realización de dichas radiografías, así como su calificación serán efectuadas por una entidad que a tal fin contratará el Contratista; la Propiedad se reserva el derecho de recalificación de las radiografía bien por su División de Control de Calidad o una E.C.A. contratada a estos efectos, siendo estas recalificaciones inapelables.
- Las radiografías, perfectamente identificadas, serán conservadas por la contrata diez años, como mínimo.
- Así mismo, se realizará el ensayo de líquidos penetrantes en el 100% de las soldaduras. La calificación de las soldaduras se hará según norma UNE 14.011, admitiéndose únicamente calificaciones 1 y 2 y reparando a partir de la calificación 3 («Calificación de soldaduras por rayos X»).

- Las soldaduras que no alcancen la calificación necesaria serán reparadas previa aprobación por la Propiedad y por cuenta del Contratista. En cualquiera de los casos, se deberá tener en cuenta lo siguiente:
 - ❖ Las reparaciones tendrán lugar con técnica vertical ascendente.
 - ❖ No se admite la reparación de grietas en ningún caso.
 - ❖ En las soldaduras de tuberías o accesorios de 2" o menores no se admitirá la reparación de defectos, debiendo cortarse y rehacerse nuevamente la unión.
 - ❖ Las soldaduras que presenten defectos en más del 20% de la primera pasada o del 30% de las restantes, no se podrán reparar, debiendo cortarse y rehacerse nuevamente la unión.
 - ❖ Una vez reparada, se inspeccionará radiográficamente la totalidad de la soldadura, procediéndose al corte en forma que dictamine la Dirección de Obra. En caso de no superar la inspección tras la reparación, el contratista correrá con todos los gastos que se originen.
- Por cada costura mal realizada (con algún defecto no admisible) se radiografiarán otras tres costuras a cargo del Contratista. Las inspecciones se realizarán cada 7 días como máximo, acortándose este plazo en el caso de que las costuras a inspeccionar superen el número de 30.
- El contratista deberá incluir en los precios ofertados la realización de todas las radiografías indicadas, tanto las primeras radiografías como las debidas a reparaciones.
- No obstante, la Propiedad se reserva el derecho de contratar directamente la realización y calificación de radiografías que considere oportuna.
- Concluidas las inspecciones radiográficas, la entidad que las haya realizado emitirá los oportunos certificados, que deberán adjuntarse a la documentación final de obra.
- Finalmente, se procederá a realizar las pruebas previas a la puesta en marcha que se describen en la norma UNE 100.151 para tuberías de agua.

5.4 Puesta en zanja y Subestación de Intercambio

- La tubería será colocada sobre una cama de arena, compactada de 10 cm de espesor, sobre el fondo de la zanja, y sin tocar las paredes de ésta.
- No se permite arrastrar la canalización sobre el fondo de la zanja, ni ejercer presiones sobre la tubería al soldar extremos sueltos, o en la puesta en zanja.
- La tubería deberá quedar sin tensión alguna en ningún punto.
- La temperatura ambiente durante la puesta en zanja será tal que no produzca daño alguno al revestimiento.
- Toda la valvulería, instrumentos y accesorios que deban ser actuados o mantenidos se colocarán de manera que se facilite su accionamiento o mantenimiento.

- Se tendrán en cuenta las indicaciones del fabricante o suministrador en cuanto a sentido de flujo y posición de estos elementos.
- En las operaciones de prefabricación y montaje se admitirán las siguientes tolerancias máximas, medidas de longitud, desplazamiento y desalineaciones de extremos, ejes de tubos, etc.:
 - ❖ 2 mm en cualquier dimensión parcial
 - ❖ 3 mm en cualquier dimensión total.
- Se rechazará cualquier trabajo realizado que no cumpla con las tolerancias admisibles.
- El Contratista estará obligado a reparar o reajustar los tramos afectados a su costa para corregir dichos defectos.

5.4.1 Zanjas

El diseño de la zanja deberá de asegurar los siguientes requerimientos:

- Suficiente espacio abierto de zanja (tanto longitudinal como transversal) para la correcta instalación de la tubería y accesorios, así como profundidad necesaria de la misma.
- Espacio suficiente para la compactación de los materiales de relleno de la zanja.
- Condiciones de seguridad necesarias para los trabajadores en la zanja.
- Las medidas de la zanja (anchura y profundidad) variarán en función de los diámetros y número de tuberías a instalar en la misma.
- Las tuberías se colocarán una al lado de otra en una sola zanja.
- Las tuberías irán sobre una cama de arena de 0,10 m de grosor como mínimo.
- Por encima de las tuberías, el grosor de arena será igualmente de 0,15 m como mínimo.
- El recubrimiento sobre la generatriz superior exterior de cualquier tubería será superior o igual a 0,60 m.
- Las tuberías tendrán su generatriz inferior exterior en la misma cota.
- De cualquier forma, la distancia mínima entre tubos en la zanja, o entre tubos y la pared lateral de la zanja, será de 0,25 metros mínimo.

5.4.2 Arena de Relleno

- Los materiales de relleno de zanja se especifican, según las tuberías transcurran por zona peatonal o en zona de tráfico rodado.
- La arena de relleno debe cumplir las siguientes condiciones:
 - ❖ La granulometría de dicha arena compactada deberá ser < 32 mm
 - ❖ La arena compactada deberá tener menos del 2% de materia orgánica, para evitar que con el tiempo la materia se descomponga y se reduzca el espesor de la base de apoyo.

5.4.3 Arquetas de Acometidas a Edificios

En el exterior de los edificios existirá una arqueta de acometida. Cada una de estas arquetas estará dotada de los elementos necesarios para aislamiento de circuitos, control de temperatura, presión y regulación automática del caudal de agua aportado al inmueble. Estos conjuntos de regulación dinámica, son esenciales para que cada unidad de la instalación, trabaje de acuerdo con los parámetros para los que ha sido diseñada; garantizando el confort térmico, a la vez que se limita el consumo de energía.

En definitiva, con el equilibrado automático se trata de conseguir un caudal constante en los circuitos hidráulicos, que compense en todo momento las distintas presiones diferenciales y las variaciones de esas presiones, durante el funcionamiento de la instalación; evitándose así circuitos con exceso o deficiencia de caudal que repercutiría negativamente en el confort de los edificios y en la presión de bombeo en el centro de producción.

Las dimensiones y la configuración de la arqueta deberán permitir la manipulación, el montaje y el desmontaje de las válvulas en condiciones normales. La arqueta incluirá todo aquello que sea necesario para evitar que quede agua en la misma. Según la situación de ésta, su altura respecto a la red de alcantarillado y la freática, se realizará:

- Conexión permanente al alcantarillado con tubo PVC de diámetro 150 mm (de forma que el retorno del agua a la arqueta no sea posible).
- Tierra de piedras secas que permita la evacuación natural del agua de lluvia.

Las arquetas serán prefabricadas, de hormigón armado, según los tamaños. El detalle de la arqueta deberá ser aprobado por la Dirección de Obra. Se realizará el acceso por una tapa de las dimensiones necesarias para instalar y desinstalar las válvulas. Preferentemente se situará el acceso en la acera, y obligatoriamente en un lugar permanente accesible.

5.4.4 Malla de Advertencia

Dentro de la zanja, a 25 cm. por encima de la capa de 0,15 m de arena sobre los tubos, se colocarán cintas de 30 cm. de ancho de advertencia en el sentido longitudinal de color violeta y modelo homologado según normativa aplicable.

5.4.5 Subestación de intercambio

Con el fin de que cualquier incidencia, avería, desequilibrio, etc., que se pudiera producir en los sistemas propios de climatización del edificio, no afecte a las redes exteriores de abastecimiento, se ha previsto separar ambos circuitos mediante una estación de intercambio térmico

(subestación), provista de un intercambiador de placas situado en la sala de calderas del edificio objeto.

Éstas regularán de manera automática el aporte de energía al circuito secundario, e incorporarán los elementos precisos para garantizar el buen funcionamiento y asegurar el correcto equilibrado de la red exterior, independientemente de las necesidades del edificio. La subestación de calor, seguirá el esquema de principio adjunto en la documentación gráfica del presente proyecto.

6. Actuaciones Obra civil

6.1 Demoliciones

Consisten en el derribo de todas las construcciones, pavimentos y obras de fábrica que obstaculicen la obra o que sea necesario hacer desaparecer para dar por terminada la ejecución de la misma.

Condiciones Previas

- ❖ Replanteo.
- ❖ Designación de elementos a demoler por el Director de Obra.

Componentes

- ❖ Demolición de firmes.
- ❖ Demolición de edificaciones.
- ❖ Levantado de otros elementos.

Ejecución

- ❖ Los trabajos de derribo se realizarán de forma que produzcan la menor molestia posible a los ocupantes de las zonas próximas a la obra.
- ❖ El levantamiento del pavimento puede realizarse a mano, con martillo y barreta o con la ayuda de un perforador neumático, pudiendo adaptarse a la cabeza del aparato neumático diferentes piezas de corte; hoja ancha y cortante para pavimentos bituminosos, de macadán o grava, un cortador de asfalto para cubiertas asfálticas y una barra en punta para pavimentos o cimentaciones de hormigón.
- ❖ El Contratista respetará todas las indicaciones descritas.
- ❖ El pavimento se cortará en su ancho con cortadora de disco diamantado. El levantamiento de los 30 cm del perímetro de la zanja (a ambos lados) se realizará de forma manual, retirando este material de la obra.

- ❖ La zona central de la zanja se podrá realizar con medios mecánicos y/o manuales.

Normativa

- ❖ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG3/75. 301.

Control

- ❖ Ensayos previos: No se exigen.

Seguridad

- ❖ Las operaciones de derribo se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad suficientes y evitar daños en las construcciones próximas, de acuerdo con lo indicado por el Director de Obra, quien designará y marcará los elementos que se conservaran intactos.
- ❖ Protecciones Colectivas: Señalización de obra y Normativa vigente para la utilización de maquinaria.
- ❖ Protecciones Personales: En función de las labores que se realicen.

Medición

- ❖ Las demoliciones en el caso de edificaciones se abonarán por metros cúbicos (m^3) de volumen exterior demolido, hueco y macizo, realmente ejecutados en obra.
- ❖ En el caso de demoliciones de macizos, se abonarán por metros cúbicos (m^3) realmente demolidos y retirados de su emplazamiento, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de comenzar la demolición, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizar la misma.
- ❖ La demolición de bordillos se medirá por metro lineal (m) realmente levantado.
- ❖ La demolición de aceras por metro cuadrado (m^2).

Mantenimiento

- ❖ No se contempla.

6.2 Preparación del Terreno y Movimientos de obra

Descripción

Trabajos de extracción y retirada de las zonas designadas de todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable, así como de excavación a cielo abierto para rebajar el nivel del terreno y obtener una superficie regular definida por los planos, dando forma a una explanada. La excavación podrá ser clasificada o no clasificada. En el caso de excavación clasificada, se considerarán los tipos siguientes:

- ❖ Excavación en Roca. Comprenderá lo correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cimentados tan sólidamente, que únicamente puedan ser excavados utilizando explosivos.
- ❖ Excavación en terreno de tránsito. Refiere a lo que corresponde a materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas, y todos aquellos en que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea precisa la utilización de escarificadores profundos y pesados.
- ❖ Excavación en tierra. Indica lo correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores. También se incluyen las labores de extensión y compactación de suelos procedentes de las excavaciones o de préstamos, así como el conjunto de operaciones para conseguir el acabado geométrico de la explanada.

Condiciones Previas

- ❖ Replanteo.
- ❖ Trazado de alineaciones.
- ❖ Localización de los servicios de las distintas compañías y solución a adoptar en caso de que puedan afectar a los trabajos de explanación.

Componentes

- ❖ Desbroce del terreno.
- ❖ Excavación.
- ❖ Escarificado de firmes.
- ❖ Terraplenes y rellenos.
- ❖ Refino de la explanada.

Ejecución

- ❖ Tras el replanteo se realizan las labores de despeje y desbroce. Posteriormente, se retirará la capa de tierra vegetal existente y se acopiará para su posible utilización exterior.
- ❖ Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al suelo que ha quedado al descubierto al hacer el desbroce, y se compactarán hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.
- ❖ Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en los planos, y a lo que sobre el particular ordene el Director de Obra.
- ❖ Durante la ejecución de los trabajos se tomarán las precauciones necesarias para no disminuir la resistencia del terreno no excavado; en especial, se adoptarán las medidas adecuadas para evitar

los siguientes fenómenos: Inestabilidad de taludes en roca debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, erosiones locales y encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras.

- ❖ Se eliminarán las rocas o bolos de piedra que aparezcan en la explanada.
- ❖ Si se hubiese previsto la utilización del material procedente de la excavación para la formación de terraplenes, la Dirección de Obra comprobará la idoneidad del mismo, depositándose de acuerdo con lo que se ordene al respecto.
- ❖ La escarificación se llevará a cabo en las zonas y con la profundidad que se estipule en los Planos o que, en su defecto, señale el Director de Obra, hasta un límite máximo de veinticinco (25) centímetros.
- ❖ Los caballeros que se formen tendrán forma regular y superficie lisa, favoreciendo la escorrentía y taludes estables que eviten cualquier derrumbamiento.
- ❖ La ejecución de terraplenes incluye las operaciones siguientes:
 - Preparación de la superficie de asiento del terraplén.
 - Extensión de una tongada.
 - Humectación o desecación de una tongada.
 - Compactación de una tongada.

Estas tres últimas, reiteradas cuantas veces sea necesario.

- ❖ Las obras de terminación y refino de la explanada, se ejecutarán con posterioridad a la explanación y construcción de todos los servicios de la urbanización que impidan o dificulten su realización.
- ❖ La terminación y refino de la explanada se realizará inmediatamente antes de iniciar la construcción del firme.

Normativa

- ❖ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG3/75. 300, 302, 303, 320, 321, 322, 330, 331, 332, 340, 341.
- ❖ Normas de Ensayo NLT 105/72, 106/72, 107/72, 111/72, 118/59, 152/72.

Control

- ❖ Ensayos Previos:

Características de los materiales a emplear como rellenos.

Se analizará la granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, densidad Proctor normal, índice C.B.R. y contenido de materia orgánica.

❖ Forma y Dimensiones:

Las señaladas en los Planos.

❖ Ejecución:

Todos los tocones y raíces mayores de diez (10) centímetros de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a cincuenta (50) centímetros por debajo de la rasante de excavación, ni menor de quince (15) centímetros bajo la superficie natural del terreno.

En la coronación de los terraplenes, la densidad que se alcance no será inferior a la máxima obtenida en el ensayo Proctor normal.

En los cimientos y núcleos de terraplenes la densidad que se alcance no será inferior al noventa y cinco (95%) por ciento de la máxima obtenida en dicho ensayo.

Los terraplenes se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos (2) grados centígrados, debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Se comprobarán las cotas de replanteo del eje, bordes de la explanación y pendiente de taludes, con mira, cada veinte (20) metros.

En la explanada la superficie no rebasará la superficie teórica definida por los planos, ni bajará de ella más de tres (3) centímetros en ningún punto.

La superficie acabada no deberá variar en más de quince (15) milímetros cuando se compruebe con una regla de tres (3) metros, aplicada tanto paralela como normalmente al eje del vial.

Seguridad

- ❖ Las operaciones de remoción se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad suficientes y evitar daños en las construcciones existentes, de acuerdo con lo que sobre el particular ordene el Director de Obra, quien designará y marcará los elementos que haya que conservar intactos.
- ❖ No podrá permanecer un operario en una zona menor a la resultante de trazar un círculo de cinco (5) metros de radio, desde el punto extremo de la máquina. En trabajos nocturnos, los operarios irán provistos de prendas reflectantes.
- ❖ Protecciones colectivas: Señalización de obra y Normativa vigente para la utilización de maquinaria.

- ❖ Protecciones personales: Casco.
- ❖ Riesgos: Atrapamientos, golpes y atropellos.

Medición

- ❖ El desbroce del terreno se abonará por metro cuadrado (m^2) medido sobre Plano.
- ❖ En el caso de que no figure esta unidad, se entenderá que está comprendida en las de excavación y, por tanto, no habrá lugar a su medición y abono por separado.
- ❖ La excavación se abonará por metros cúbicos (m^3) medidos sobre los planos de perfiles transversales, una vez comprobado que dichos perfiles son correctos, en el caso de explanación.
- ❖ La escarificación y compactación del terreno se abonará por metros cuadrados (m^2) realmente ejecutados, medidos sobre el terreno.
- ❖ Los terraplenes se abonarán por metros cúbicos (m^3) medidos sobre los planos de perfiles transversales.

Mantenimiento

- ❖ Limpieza de cuencas de vertido y recogida de aguas cada doce (12) meses.
- ❖ Inspección cada doce (12) meses de los taludes y muros de contención.

6.3 Aceras, Calles y Zonas Peatonales

Descripción

- ❖ Pavimentos de hormigón, adoquinados, aceras o enlosados destinados al tráfico de personas.

Condiciones Previas

- ❖ Planos del trazado urbanístico.
- ❖ Conocimiento del tipo de suelo o base.
- ❖ Colocación de bordillos o rigolas.
- ❖ Base o cimiento de hormigón terminado.

Componentes

- ❖ Losas de hormigón en masa.
- ❖ Arena o mortero de cemento.

Ejecución

- ❖ En el caso de las aceras de Hormigón HM-20/P/30/IIb de 15 cm de espesor, ruleteado, apoyado en la plataforma de ZA-25, con espesor de 15 cm. Todo ello sobre una explanada E-2.

- ❖ En el caso de las entradas a las fábricas, pavimento de hormigón HM-20, armado con malla de acero electrosoldada tipo ME 20x20x6 B 500 T según norma UNE 36092:96 de espesor 0.20cm., apoyado sobre una base de 35 cm de ZA-25 y explanada E2.

Normativa

- ❖ EHE: Instrucción para el hormigón estructural.
- ❖ Normas UNE: 7203 Fraguado del cemento, 7240, 7395, 7103 Hormigón, 7034-51 Determinación de la resistencia a flexión y al choque, 7033-51 Ensayos de heladicidad y permeabilidad, 7082-54 Determinación de materias orgánicas en arenas a utilizar en la fabricación de las baldosas de terrazo, 7135-58 Determinación de finos en áridos a utilizar en la fabricación de baldosas de Terrazo, 7067-54, 7068-53, 7069-53, 7070 Piedra labrada.
- ❖ Normas de ensayo NLT 149/72.
- ❖ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG3/75. 220, 560.

Control

- ❖ Ensayos Previos
Se realizarán ensayos de resistencia al desgaste y al choque.
- ❖ Forma y Dimensiones
Las dimensiones de las aceras se ajustarán a las señaladas en los planos.
- ❖ Ejecución
Se controlará la ejecución admitiéndose una tolerancia de hasta cinco (5) milímetros en el espesor de la capa de mortero.
Cada cien (100) metros cuadrados se realizará un control verificando la planeidad del pavimento, medida por solape con regla de dos (2) metros, no aceptándose variaciones superiores a cuatro (4) milímetros, ni cejas superiores a un (1) milímetro.
Se suspenderán los trabajos cuando se prevea que dentro de las cuarenta y ocho (48) horas siguientes, la temperatura ambiente pueda descender por debajo de los cero (0) grados centígrados.

Seguridad

- ❖ Cuando se emplee maquinaria alimentada con energía eléctrica, se tomarán las medidas pertinentes (toma de tierra, doble aislamiento, diferenciales, automáticos, etc.).

- ❖ Se adoptarán las precauciones necesarias para la manipulación de los materiales, evitando los sobreesfuerzos en el transporte a mano de los mismos.
- ❖ Protecciones colectivas: Señalización de obra y Normativa vigente para la utilización de maquinaria.
- ❖ Protecciones personales: Botas altas de goma y guantes para el manejo del hormigón.
- ❖ Riesgos: Golpes y sobreesfuerzos.

Medición

- ❖ Se medirá y valorará por metro cuadrado (m²) de pavimento colocado, medido sobre el terreno, incluso rejuntado y limpieza. En caso que así se indique en el precio, también irá incluido el hormigón de la base de asiento.

Mantenimiento

- ❖ Limpieza periódica del pavimento.
- ❖ Cada cinco (5) años, o antes si fuera apreciada alguna anomalía, se realizará una inspección del pavimento, observando si aparecen en alguna zona fisuras, hundimientos, bolsas, o cualquier otro tipo de lesión.
- ❖ En caso de ser observado alguno de estos síntomas, será estudiado por el Técnico competente, que dictaminará las reparaciones que deban efectuarse.

6.4 Afirmado de Calles

Descripción

- ❖ Capas formadas por mezcla de diversos materiales convenientemente tratados y compactados, utilizada en la constitución de asientos para firmes y pavimentos de calzadas.

Condiciones Previas

- ❖ Ejecución de drenajes, cruces de agua o conducciones que puedan afectar al futuro firme.
- ❖ Estudio del tipo de suelo o explanada existente en la zona destinada a la ejecución del firme.
- ❖ Comprobación de densidad, irregularidades y rasantes indicadas en los planos, de la superficie.

Componentes

- ❖ Áridos procedentes de machaqueo y trituración de piedras de cantera o grava natural.
- ❖ Escorias.
- ❖ Suelos seleccionados.
- ❖ Materiales locales exentos de arcilla, marga u otras materias extrañas.
- ❖ Cal.

- ❖ Cemento.

Ejecución

- ❖ Para la ejecución de las bases y subbases se llevará a cabo en primer lugar una preparación de la superficie existente, consistente en la comprobación de la superficie sobre la que va a asentarse la misma, comprobando que tenga la densidad debida, que las rasantes coincidan con las previstas en los planos y que no existan en la superficie irregularidades mayores a las admitidas.
- ❖ Posteriormente, se procederá a la extensión de la capa, en la que los materiales previamente mezclados, serán extendidos en tongadas uniformes, tomando la precaución de que no se segreguen ni contaminen. Las tongadas tendrán un espesor adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Extendida la tongada, en caso necesario, se procederá a su humectación.
- ❖ Por último, se compactará la tongada hasta conseguir una densidad del noventa y cinco (95%) por ciento de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado en el caso de subbases granulares, y del noventa y ocho (98%) por ciento o cien (100%) por ciento de la densidad máxima obtenida en el mismo ensayo en capas de base para tráfico ligero o pesado y medio, respectivamente. El apisonado se ejecutará en el sentido del eje de las calles, desde los bordes exteriores hacia el centro, solapándose en cada recorrido un ancho no inferior a un tercio ($1/3$) del elemento compactador. No se extenderá ninguna tongada en tanto no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la precedente.

Normativa

- ❖ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. PG3/75. 500, 501, 502, 510, 511, 512, 513, 514, 515.
- ❖ Normas de ensayo NLT 105/72, 106/72, 108/72, 111/58, 113/72, 149/72.
- ❖ Normas UNE. 7082, 7133.

Control

- ❖ Ensayos Previos

Control de la superficie de asiento.

Se controlará la composición granulométrica, coeficiente de desgaste medido por el ensayo de los Ángeles, índice C.B.R. y plasticidad.

- ❖ Forma y Dimensiones

Las dimensiones de las capas se ajustarán a las señaladas en las secciones tipo incluidas en los planos.

❖ Ejecución

Control de la extensión de la tongada (segregación del árido) y nivel de compactación.

Se comprobará las cotas de replanteo del eje cada veinte (20) metros, así como la anchura y la pendiente transversal.

La superficie acabada no deberá rebasar a la teórica en ningún punto, ni diferir de ella en más de un quinto (1/5) del espesor previsto en los Planos.

La superficie acabada no deberá variar en más de diez (10) milímetros comprobada con una regla de tres (3) metros, aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la calzada. No se extenderán tongadas ni se compactarán cuando la temperatura ambiente descienda a menos de dos (2) grados centígrados.

SEGURIDAD

- ❖ Protecciones Colectivas: Señalización de obra y Normativa vigente para la utilización de maquinaria.
- ❖ Riesgos: Atrapamientos, golpes y atropellos.

Medición

- ❖ Las capas de base y subbase se abonarán por metros cúbicos (m³) realmente ejecutados medidos en las secciones tipo señaladas en los planos.

Mantenimiento

- ❖ Inspecciones periódicas, en caso de ser posible, para comprobar que se cumple la función drenante de estas capas.
- ❖ Inspecciones visuales, para detectar fallos en la base del firme. En caso de detectarse se llevarán a cabo las labores de reparación necesarias enfocadas a una conservación preventiva y curativa.

7. Verificaciones y Pruebas para la Ejecución y Control de la Instalación

El objeto de la presente especificación es definir las operaciones a efectuar en las pruebas de estanquidad previas a la puesta en servicio de la red de calor cuya presión máxima en servicio esté entre 1 y 10 bar.

7.1 Alcance

La presente especificación abarca las siguientes operaciones:

- Preparación de la canalización para la prueba.
- Introducción del fluido de prueba.
- Compresión del fluido de prueba.
- Comprobación del registro de prueba.
- Búsqueda de las fugas en caso de pérdida de presión.
- Preparación del acta final de prueba.

7.2 Documentación de Referencia

Norma UNE 100-151 y Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Reglamentarias.

7.3 Requisitos Generales

Antes del tapado de las soldaduras de las tuberías y previamente a su puesta en servicio, las canalizaciones que pertenezcan tanto a las redes como a las acometidas, deberán someterse a un aprueba de estanquidad, con el fin de asegurar la ausencia de fugas y la buena ejecución de la instalación.

Seguidamente se exponen las consideraciones generales que han de tenerse presentes antes y durante la ejecución de las pruebas de estanquidad:

- La Empresa Instaladora será responsable de la estricta observancia de las Instrucciones y Normas de Seguridad vigentes durante la ejecución de estas pruebas, debiendo tomar las medidas de seguridad y prevención que considere necesarias para minimizar riesgos y evitar accidentes.
- Antes del inicio de las pruebas, el Director de Obra deberá comprobar las medidas de seguridad adoptadas, comprobando que las protecciones, equipos y materiales a emplear, así como el personal que ejecutan las pruebas, ofrecen las suficientes garantías.
- Se prohíbe la presencia de personas ajenas a la prueba, en el área donde se ubiquen los instrumentos y accesorios utilizados en el ensayo.
- Todos los accesorios empleados para estos ensayos, deberán de ser aptos para soportar una presión como mínimo igual a la del ensayo.
- El tramo de canalización a ensayar estará completamente instalado.
- El interior de las canalizaciones estará limpio de arena, polvo u otros agentes extraños.

- Las soldaduras realizadas en el tramo, si las hubiera, deberán encontrarse, en el momento de comenzar la prueba, a la misma temperatura que la canalización.
- Al ser necesario dividir la red en tramos de prueba, los empalmes efectuados entre tramos probados, se ensayarán con la canalización en servicio y con ayuda de agua jabonosa o un producto espumoso.
- Los accesorios empleados en la prueba y la canalización, deberán estar adecuadamente inmovilizados para impedir que se produzcan desplazamientos peligrosos, proyecciones o cambios de dirección en el tubo por efecto de la presión de prueba.
- El personal que asista a la prueba se encontrará a una distancia prudencial de la zanja. Únicamente podrá estar en la zanja el personal encargado de localizar las eventuales fugas en las uniones; en ningún caso se situarán delante de un tapón o una unión roscada.
- La aportación del fluido de prueba deberá realizarse mediante una conducción de admisión de acero.
- Cuando se utilice aire comprimido para realizar la prueba se instalará un filtro y un separador de aceite previo a la admisión, para así evitar la contaminación de la tubería con el aceite del compresor.
- Para minimizar el efecto de la temperatura sobre la presión del fluido de prueba, se protegerá el tramo probado de la acción de los rayos solares u otras fuentes de calor.
- Durante la prueba de estanquidad se comprobará que la presión que indican los manómetros se mantiene constante. Se emplearán registradores de presión y temperatura.
- El técnico responsable de la Empresa Instaladora firmará y fechará el registro de papel antes de proceder a su colocación en el registrador. Además, precintará el equipo, para que durante la prueba no pueda accederse al papel.
- Finalizada la prueba, la descompresión del tramo ensayado se realizará de forma cuidadosa, evitando que el fluido expulsado produzca proyecciones de tierra, piedras u otros objetos.
- El registro de papel del termógrafo no se retirará hasta la completa descompresión del tramo de prueba, para comprobar que la evolución de la presión en la descompresión ha sido correcta y hasta cero.
- El medio de detección de fugas en las juntas debe ser inocuo con los materiales empleados para la construcción de la línea. En caso de comprobarse la estanquidad de las juntas con agua jabonosa, al terminar la prueba se limpiarán las juntas con abundante agua.

7.4 Requisitos Técnicos

7.4.1 Fluido de Prueba

El fluido de la prueba será agua potable limpia, aire comprimido, seco y filtrado, nitrógeno u otro gas inerte. Se prohíbe la utilización de oxígeno o gas combustible para la ejecución de la prueba. No se permite la adicción o el uso de agentes odorantes corrosivos como medio de detección de las eventuales fugas.

7.4.2 Aparatos de Medida

Todos los aparatos y accesorios utilizados en la prueba estarán diseñados para soportar la presión de prueba. Los instrumentos de medida de presión utilizados en las pruebas, deberán estar correctamente calibrados y funcionar perfectamente, para lo cual se comprobarán por un laboratorio cualificado cada seis meses como máximo, emitiéndose un certificado de calibración.

Durante la prueba deberán utilizarse los siguientes aparatos:

- Manómetros: Diámetro mínimo de esfera: 160 mm
- Fondo de escala: 15 bar
- Precisión: 0.5% del fondo de escala
- Termómetro
- Registradores de presión y temperatura, o mano termógrafos: Sobre soporte de papel reflejarán un registro continuo de la presión y la temperatura del fluido de prueba durante el ensayo.

7.4.3 Accesorios

- La introducción del fluido de prueba se realizará a través de los tubos de venteo, que las válvulas de seccionamiento llevan adosados.
- Será necesario disponer de un tubo de acero de rosca macho, dotado de una válvula de esfera y con salida roscada macho para conectar el aporte del fluido de prueba.
- El conjunto descrito para las pruebas estará dotado de las derivaciones necesarias para poder instalar los instrumentos de medida adecuados.

7.5 Ejecución de las Pruebas de Estanqueidad

- Después de realizadas las pruebas parciales por tramos y una vez finalizado el montaje de las redes principales, previo a su puesta en operación, se comprobará la estanquidad de estas redes y acometidas mediante un conjunto de pruebas.

- Se probarán de forma conjunta redes y acometidas, exigiéndose la presencia del Director de Obra durante la presurización del tramo a ensayar en el lugar del ensayo.
- La duración de la prueba de estanquidad será de 24 horas, empezándose a contar este tiempo en el momento en que la presión del fluido de prueba introducido en la red se haya estabilizado.
- En casos excepcionales, la Dirección de Obra, podrá autorizar una menor duración de la prueba que, en ningún caso, podrá ser inferior a 1 hora, mínimo a 10 bar efectivos.
- La presión se aumentará lentamente y escalonada, con incrementos no superiores a 1 bar cada 5 minutos.
- En los intervalos entre cada incremento se inspeccionará la canalización de forma visual. Una vez alcanzada la presión de prueba de forma estable, se mantendrá ésta durante el periodo de duración del ensayo, cerrando la válvula de admisión del fluido de la prueba y desconectando la bomba o el compresor.
- Se comprobarán periódicamente los manómetros y termómetros mediante inspección visual, al menos cada 15 minutos, hasta comprobar que la prueba se está desarrollando correctamente.
- En caso de que la presión supere los 16 bar efectivos, deberá disminuirse la misma mediante purga por uno de los venteos, hasta alcanzar la presión de prueba.
- Se suspenderá la prueba si la presión sube de 16,5 bar efectivos, o si se producen oscilaciones anómalas y no justificadas de la presión.
- Se recomienda utilizar una válvula de seguridad para proteger los sistemas durante la prueba.
- La estanquidad de la red se considerará satisfactoria cuando la presión de prueba se haya mantenido constante durante el tiempo que dure la prueba, sin fugas en cualquier elemento de la canalización ensayada.
- Se admitirán ligeras variaciones de presión cuando éstas sean, con total certeza, consecuencia del efecto de las variaciones de temperatura sobre la canalización durante prueba.
- En caso de que el resultado del ensayo sea negativo, se comprobarán las juntas de unión 8 tomas de carga, manguitos, conexiones entre red y acometidas, verificando la inexistencia de burbujas o exudados que indiquen la presencia de fugas. Cualquier incidencia será anotada oportunamente en el Diario de Obra.

7.6 Limpieza

7.6.1 Limpieza Mecánica

Se realizará un lavado mecánico mediante el paso de foams pig propulsados por aire. Para $d < 100$ mm se puede prever un flushing con agua ($v \approx 2$ m/s). El protocolo a cumplir para la

limpieza mecánica, además de las pruebas hidráulicas, deberá ser propuesto por el contratista y aprobado por la Dirección de Obra.

7.6.2 Limpieza Química

La limpieza química tiene por objeto impedir cualquier proceso de corrosión durante el periodo previo a la puesta en servicio de las instalaciones. Se pretende realizar una limpieza de restos de mecanizado introducidos durante la fase de construcción y un acondicionamiento de las superficies metálicas.

Las fases a seguir serán:

- Llenado del sistema.
- Recirculación máxima* (a definir caudal según tramo a limpiar) a fin de crear la máxima turbulencia que ayude a la eliminación de sólidos, vía purga y filtro.

(*) Se considera recirculación alta 1hx2 volúmenes. La recirculación mínima 2hx1volumen. Se mantendrá una recirculación hasta que se obtengan unos niveles de hierro total inferiores a 2.0 ppm y una concentración de sólidos en suspensión inferior a la 10.0 ppm. Se utilizará equipo de bombeo y, si procede, un depósito pulmón para la dosificación de los productos químicos según los siguientes criterios:

- Fase de acondicionamiento/pre pasivación: Se procederá sucesivamente a un choque de dispersante (DISPERSOL SF5101, 50 ppm), a la adición de biocida (SPECTRUS NX1100, en choque de 100 ppm), y a la adición final de FLOGARD POT6181, en choque inicial de 300 ppm. Duración prevista 4 horas*.

(*) La recirculación recomendada es 1 volumenx1h durante 4h, sino alargar proporcionalmente la duración.

- Si el nivel de hierro en el circuito es superior a 2.0 ppm o el nivel de sólidos en suspensión es superior a 10.0 ppm, será necesario vaciar parcialmente el circuito y volver a llenarlo con agua limpia hasta llegar a estos valores.
- Fase de pasivación: Se procederá a dosificar 1500 ppm* de FLOGARDPOT6181 y recircular agua durante 48 horas**

(*) 1500 ppm aprox. es 1,5 kg/m³

(**) Realmente únicamente hace falta recircular hasta homogeneizar y finalmente, esperar durante 48 h.

- Conexión del tramo: En estos momentos ya es posible mezclar el agua del tramo con la del siguiente o con la del resto del circuito principal, siempre que los productos de pasivado y de

tratamiento de la red sean compatibles. El proceso de limpieza química deberá estar supervisado por técnicos cualificados de la empresa proveedora de los productos químicos. Los productos químicos reflejados en el presente procedimiento es habitualmente suministrado por la empresa GE Betz. Al igual que para la limpieza mecánica el protocolo a seguir deberá ser propuesto por el contratista y aprobado por la Dirección Facultativa.

7.7 Acta Final de Prueba

Tras realizar la prueba de estanquidad y ser ésta satisfactoria, se levantará un acta final de prueba, en la que figuren al menos los datos siguientes:

- Fecha de realización de la prueba.
- Hora de comienzo y finalización.
- Denominación de la obra: tramo ensayado, indicando claramente el punto inicial y el punto final de la obra ensayada con un plano, donde figuren longitudes y diámetros.
- Fluido de la prueba utilizado.
- Presión y temperatura del fluido durante la prueba.
- Se anexará el registro del termógrafo obtenido en el ensayo, debidamente firmado por el representante de la Empresa Instaladora, el representante de E.C.A. (Entidad Colaboradora de la Administración) y el representante de la Propiedad o la Dirección de Obra. Asimismo, se reflejarán en el acta las incidencias ocurridas durante la prueba.
- El acta final de obra será firmada por el representante de la Empresa Instaladora, el representante de E.C.A. (Entidad Colaboradora de la Administración), el representante de la Propiedad y la Dirección de Obra.

Si por alguna circunstancia no puedan utilizarse registradores de presión y temperatura, podrá realizarse la prueba utilizando termómetros y manómetros. Se realizará un informe de las pruebas, que se adjuntará al acta final de prueba, donde se recojan las mediciones de la presión y temperatura del fluido y la temperatura ambiente, recogidas cada 15 minutos, y las incidencias ocurridas durante la prueba. Se requerirá la aceptación expresa del Director de Obra para utilizar este método, así como su presencia continua durante toda la prueba a pie de obra.

- Norma ASTM D 3017 E1/78 para la determinación in situ de la humedad y la densidad para el método de los isótopos radioactivos.
- Norma UNE 83-300-84, UNE 83-301-91 1R, UNE 83-303-84, UNE 83-304-84 y UNE83-313-9, para al Cono de Abrams.

- Norma NLT 121/99, para la presa de una muestra de mezcla bituminosa.
- Norma NLT 164/90, para a determinación del contenido de atando de una muestra de mezcla bituminosa.
- Norma NLT 165/90, para el análisis granulométrico de una muestra de mezcla bituminosa.
- Norma NLT 159/86, para el ensayo Marshal.
- Norma UNE 36068, 36099, para el control geométrico y el ensayo de doblaje y des doblaje de los cordones de acero corrugado.
- Norma UNE 7474, para el ensayo de tracción, límite elástico y alargamiento de rotura para acero corrugado.
- Norma UNE 36462, para ensayo de despegamiento de nudos de mallas electrosoldadas.
- Norma UNE-EN 253 y su ampliación UNE EN 253/PrA1, y en especial el punto 5 sobre “Métodos de Ensayo”.

7.8 Puesta en Marcha

Una vez realizada de forma satisfactoria la limpieza y la pasivación de las tuberías se comprobará la compatibilidad de los productos de pasivación y los de tratamiento para la red de servicio. En caso de compatibilidad de los productos se pondrá en marcha el tramo de red. En caso de no compatibilidad se vaciarán las tuberías y se llenarán de agua tratada para su posterior puesta en marcha.

Durante la puesta en marcha, también será necesario comprobar conjuntamente con el proveedor del sistema de detección de fugas el buen funcionamiento de este. Durante el proceso de arranque de la instalación o la puesta en servicio de un ramal, es importante que las temperaturas del sistema tengan un gradiente máximo de 10°C por hora.

7.9 Documentación de Proyecto y Planos de Red

La documentación final a presentar para cada ramal consta de un dossier que debe contener como mínimo, la siguiente información:

- Planos a escala con detalle de planta, sección, longitudinal y pendientes.
- Acta/certificado de limpieza de tuberías.
- Certificado de pruebas hidráulicas.
- Informe de medida del sistema de detección de fugas.
- Certificado de garantía.
- Memoria de cálculo de dilataciones de la tubería.
- Libro de tubos con indicación de nombre, fecha, tramo, etc. de la realización de las soldaduras.

- Otros: Especificación Técnica de los Componentes de la Red (tubería, válvulas, sistema de detección, etc.) y Manual de Mantenimiento

Amposta, Enero de 2020

Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial

Luis Felipe Ramirez Gamboa

PLIEGO DE CONDICIONES DE INSTALACIÓN MECÁNICA

1. Introducción y Objeto

El objeto de este Documento es definir, cualitativamente, los diversos elementos constitutivos de las redes de tuberías que pueden incluirse en las instalaciones. Este Documento está destinado a servir de base y guía para la preparación de planos de ingeniería y para establecer el material que se precisa, su fabricación y montaje. De igual forma, cubre las necesidades generales para el proyecto, construcción, fabricación y comprobación de redes de tuberías.

La extensión de elementos incluidos en la instalación será, por lo general, la indicada en el correspondiente plano de Implantación. Todos los planos realizados emplearán dimensiones y demás unidades del sistema métrico decimal (diámetros, longitudes, espesores, etc.). Todas las Especificaciones y notas en los planos se redactarán en idioma Español. Todos los planos y cálculos se enviarán para la supervisión del cumplimiento de las especificaciones indicadas. Los planos, para ser utilizados en obra, requerirán el visto bueno del Jefe del Proyecto. El contenido de esta especificación son los requisitos mínimos requeridos. Para su modificación será precisa la autorización por escrito del autor.

2. Disposiciones Aplicables

Tanto los materiales empleados como la ejecución de las obras y montajes, cumplirán las normas específicas para cada tipo de trabajo y se depurarán en los apartados correspondientes.

2.1 Reglamentación Legal

Las disposiciones aplicables al diseño y construcción de tuberías dependerán del tipo de fluido y de las condiciones de trabajo del sistema. La reglamentación aplicable será la aprobada por el Ministerio de Industria, según la revisión vigente.

Las normas habitualmente utilizadas en este apartado serán:

Tuberías sometidas a presión (agua a presión, vapor, aire a presión...).

- ❖ RD 2060/2008. Reglamento de equipos a presión.
- ❖ Normas usuales de aplicación.

Además de cumplir los requisitos de esta especificación, el diseño general de todas las tuberías, así como su fabricación y pruebas deberán ajustarse a lo que se mencionan en las Normas a que se haga referencia. Las Normas habituales de utilización serán las siguientes:

- ❖ DIN
- ❖ ANSI

- ❖ ASTM
- ❖ ASA
- ❖ API
- ❖ UNE

La especificación de tuberías a aplicar en cada caso deberá ser indicada en los diagramas de flujos y/o planos de tuberías. Todas las reglas, normas y especificaciones a las que se hace referencia, se entienden que son según sus últimas revisiones. Estas especificaciones son las mínimas aceptables.

3. Condiciones de Diseño

3.1 General

- Todas las tuberías se dispondrán de forma que tengan el recorrido más corto posible y el mínimo de accesorios. En particular, el número de bridas deberá reducirse al mínimo, respetando las necesidades para mantenimiento.
- Deberán tomarse precauciones adecuadas para evitar tensiones extraordinarias en tuberías y soldaduras, producidas por expansión o contracción.
- Las tensiones por expansión o contracción deberán calcularse a 50 °C (o 150 °C para líneas de evaporación y secado) o a la temperatura de operación siempre que ésta sea mayor.
- Los pasos para tuberías en techos y paredes deberán ir provistos de manguitos.
- Las válvulas principales, válvulas de control, válvulas motorizadas y todas aquellas que se utilicen en operación normal, deberán ser accesibles desde el suelo, plataformas de acceso, o se les acoplará husillos prolongados o volantes de cadena.
- En el interior de los edificios, las tuberías de proceso y de servicios serán aéreas, exceptuando los desagües de fabricación y colectores de pluviales.
- Cuando una línea con una especificación de material o presión está conectada a otra línea con especificación de material o presión más elevada, la línea de conexión se construirá de acuerdo con la especificación de material o presión más alta hasta la válvula de interrupción inclusive. Esto afecta también a las instalaciones de válvulas reductoras de presión, válvulas de control y de seguridad.
- Las válvulas de bloqueo después de las válvulas reductoras serán de acuerdo con la Especificación de Material más baja.
- No se permiten curvas segmentadas tipo MITRE.
- Las reducciones que sean superiores a tres pasos consecutivos se construirán en obra a partir del mismo tubo que constituye la línea.

- En todos los puntos altos de las tuberías se deberán disponer manguitos de 1/2" con válvula para facilitar el vaciado de las posibles bolsas de aire que se puedan formar.
- En los puntos bajos de las tuberías se deberán disponer manguitos de 1/2" con válvula para facilitar el vaciado de las tuberías en caso necesario.
- Las tuberías que tengan riesgo de congelación deberán acompañarse con tuberías de calefacción.
- Las separaciones entre tuberías que discurran paralelas será tal que permita una distancia libre entre la parte exterior de los tubos de 75 mm. Si existen bridas en dichos tramos la distancia entre la parte exterior de la tubería y la parte exterior de la brida o entre las partes exteriores de las bridas será de 30 mm. Cuando la tubería vaya aislada, el exterior del aislamiento será el punto desde donde tomar las medidas antes indicadas
- La separación de las tuberías a los muros estará condicionada por las posibles dilataciones que pueda sufrir la tubería.
- Las tuberías deberán respetar unas distancias mínimas a los accesos, zonas de paso y calzadas. Las distancias mínimas serán:
 - ❖ Sobre carreteras de la Instalación fuera de edificios 6.000 mm.
 - ❖ Sobre ferrocarriles y carreteras públicas 6.000 mm.
 - ❖ Sobre zonas de tránsito 4.500 mm.
 - ❖ En interior de los edificios 2.500 mm.
 - ❖ Sobre plataformas y pasillo 2.100 mm.
 - ❖ Dentro de edificios (sin circulación de vehículos) 2.100 mm.
 - ❖ Sobre el suelo 200 mm.
 - ❖ En zanjas (sobre el fondo) 100 mm.
- Para facilitar la construcción de los soportes y el montaje de las tuberías, las líneas sobre el terreno estarán dispuestas de tal forma que los fondos de las mismas estén al mismo nivel.
- Si es necesario cambiar de nivel los trazados debido al cruce de las tuberías, serán las de mayor diámetro las que marquen los espacios a respetar y las tolerancias en cuanto a elevaciones.
- Para trazado de tuberías en puentes, como regla general, las líneas pesadas deben ir situadas lo más próximas posible a los pilares, con el fin de reducir el tamaño de los pilares del bastidor.
- Los elementos compensadores de dilatación sólo se instalarán cuando el trazado de las líneas no sea suficientemente flexible para absorber las tensiones que se originan en éstas, o que puedan transmitir a los equipos a que están conectadas, producidas por la presión de servicio o por los cambios de temperatura del proceso. Se montarán en pretensión y se estudiarán cuidadosamente los anclajes y soportes de guía.

- Las válvulas de descarga de vapor descargarán a la atmósfera a través de tubos que sobresalgan por lo menos 3 m por encima de cualquier plataforma o zona de trabajo dentro de un radio de 5 m.
- Dentro de lo posible, todas las tuberías conectadas a equipo se dispondrán de forma que éste pueda ser quitado con el mínimo trabajo y sin necesidad de colocar soportes adicionales para las tuberías.
- Filtros temporales de superficie filtrante triple de la de paso del tubo, deberán ser instalados en las líneas de succión de todas las bombas que no vayan provistas de filtros permanentes, así como en todo equipo que pueda ser dañado por partículas sólidas.
- En las líneas donde existan válvulas de control, se instalarán conexiones de prueba para manómetro. Estas tomas estarán a una distancia aproximada de 150 mm. de la conexión de la válvula de control. Las conexiones de prueba serán roscadas 1/2" NPT hembra.

3.2 Presión de Diseño

- La presión de cálculo será igual a la máxima alcanzable por el fluido y viene limitado por la presión de una válvula de seguridad o la presión generada por una bomba.
- En caso de bombas centrífugas será la presión trabajando a caudal cero. En ningún caso será inferior a:
 - Presión normal de trabajo + 1 Kg/cm²
 - Presión normal de trabajo + 10 %

3.3 Temperatura de Diseño

La temperatura de cálculo será 95° C y 75 °C en tuberías de ida y retorno respectivamente.

3.4 Velocidad Admisible en Tuberías

- Dependiendo del fluido a transportar, las tuberías deberán calcularse con la sección suficiente para que la velocidad no exceda a la indicada por las reglamentaciones vigentes en ningún caso. Se citan a continuación, los valores máximos admisibles de algunos fluidos:
 - Vapor saturado 50 m/s. (R.A.P., M.I.E. Ap2)
 - Vapor sobrecalentado y recalentado 60 m/s. (R.A.P., M.I.E. Ap2)
 - Agua sobrecalentada y caliente. 5 m/s. (R.A.P., M.I.E. Ap2)
- Los valores de los diámetros de las tuberías serán suficientes para garantizar velocidades del fluido que no produzcan pérdidas de carga que afecten al buen funcionamiento del sistema. Las velocidades usuales de cálculo dependiendo del fluido y las pérdidas de carga admisibles serán:

- Vapor saturado 25 - 30 m/s.
- Vapor sobrecalentado y recalentado 25 - 35 m/s.
- Agua sobrecalentada y caliente. 1 - 3 m/s.
- Gas natural 10 - 20 m/s.
- Aire Aspiración 5 - 7 m/s.
- Colectores principales > 8 m/s.
- Tuberías secundarias 10 - 15 m/s.

3.5 Pérdida de Carga Admisible

Las pérdidas de carga producidas en las redes de tuberías, en ningún caso deberán afectar al buen funcionamiento ni al rendimiento de los equipos a los que van destinados los fluidos que se transportan.

3.6 Identificación de las Tuberías

Cada tubería se marcará en los planos según la referencia consensuada por la Dirección Facultativa. Todas las tuberías deberán llevar su referencia y estará claramente identificada en los planos.

3.7 Selección de Materiales de Tuberías

- En función del fluido a transportar y de la presión y temperatura de éste, el material de las tuberías deberá ser indicado por la Dirección Facultativa.
- La utilización de otro tipo de especificación, requerirá su justificación y el aprobado por el autor.
- Las normas observadas por el cliente deberán ser tenidas en cuenta, con el fin de unificar los criterios de construcción de las nuevas redes con las existentes.

3.8 Soportes de Tuberías

- Se incluyen dentro del alcance del suministro todos los soportes y elementos de fijación necesarios para la correcta instalación de tuberías, válvulas, accesorios y equipos. Para tal fin se deberán preparar e instalar soportes previamente contruidos para asegurar la correcta sujeción de todas las tuberías del sistema.
- Los tipos de soportes que se requerirán para las tuberías son básicamente:
- ❖ Los tramos que discurren por el interior de la central de cogeneración y de la industria, serán soportados mediante perfiles metálicos anclados en paredeso forjados de las salas por donde pasan.

- ❖ En este caso, se usarán soportes tipo tensores con resorte de carga variable para instalación suspendida en forjados de tuberías.
- La situación de los soportes deberá identificarse y numerarse en los planos de forma clara; también se deberá indicar en los planos o en hojas anejas la forma constructiva y los perfiles empleados.
- Se señalarán con especial relevancia los puntos fijos de la tubería indicándose las cargas a que estén sometidos.
- Las tuberías se fijarán de tal forma que, una vez colocadas y llenas de fluido, no se produzcan flechas superiores a 2 mm.
- Todos los soportes deberán aguantar las tuberías llenas del fluido que transportan, con un factor de sobrecarga de 5 veces el peso máximo, sin que existan pandeos o movimientos innecesarios.
- En general se construirán en base a perfiles laminados en frío, de tipo UPN, IPE o L, todos los perfiles y chapas utilizados serán nuevos y con el peso y las dimensiones de acuerdo con las normas DIN. Los aceros serán del tipo A-37 o A-42 en calidades a, b o c.
- El anclaje de los soportes se realizará a través de espárragos y tornillos del tipo "speedroot", de acero galvanizado, alternativamente se podrán embeber en las paredes a base de zarpas de anclaje.
- La ejecución de los soportes será soldada, utilizándose electrodos de calidad estructural resistente, en calidad de revestimiento de rutilo o básico. Las características mínimas del material depositado serán:
 - Resistencia a la tracción igual a la del material base
 - Alargamiento de rotura 26%
 - Resiliencia no menor de 5 Kg/cm²
- Los tornillos, tuercas y arandelas, serán de similar calidad al material base de los soportes y serán cadmiados.
- Las tuberías cuya temperatura de servicio sea superior a 50 °C deberán estar apoyadas sobre patines de deslizamiento guiados.
- Los puntos de anclaje para tuberías se reforzarán mediante casquillo del mismo material que la tubería.
- Las tuberías no deberán estar en contacto directo con el hormigón.

3.9 Compensadores de Dilatación

Se incluye dentro del alcance del suministro un estudio de detalle acerca de las dilataciones y el estrés que pueda sufrir el sistema de tuberías. A raíz de él, se preverán las compensaciones de dilatación necesarias en tramos en ángulo, dimensionamiento y ejecución de liras, y en el caso en que ambas soluciones no fueran suficientes o posibles se instalarán compensadores con fuelles en los tramos que así lo requirieran. Para la elección de materiales, deberá tenerse también en cuenta la atmósfera existente de trabajo.

3.10 Aislamiento Térmico

La instalación suministrada se entregará totalmente terminada y en especial:

- a) Con los aislamientos especificados en todas las superficies indicadas. Dicho aislamiento deberá ser constituido por lana de vidrio dispuesta concéntricamente y ligada por resina termo endurecible con densidad de 53-75 Kg/m³ y revestido de un acabado en chapa de aluminio, que será de 0,8 mm para tuberías y 1 mm para equipos. Las chapas se afianzarán mediante tornillos inoxidables y uniones bordoneadas. En la especificación técnica se detallan las tuberías que requieren Calorifugado así como el espesor necesario en cada una de ellas considerando una conductividad térmica del recubrimiento de 0,0450 Kcal/hm°C.
- b) El suministrador deberá dar un acabado a su suministro, acorde con las condiciones ambientales y la estética general del mismo, asegurando su debida protección contra corrosión, agresiones ambientales y posibles deterioros causados por operaciones usuales de mantenimiento. En consecuencia, en las partes metálicas no aisladas (tanto de las tuberías y equipos como de perfiles estructurales y de soportes, así como de valvulería), se deberá proteger la superficie exterior en base a limpieza previa y capa de pintura de acabado (entre 35-40 micras de película seca) según la atmósfera existente. Si se considerase necesario otro tipo de revestimiento exterior, dada la naturaleza de la atmósfera de trabajo, éste podrá ser considerado.
- c) Para las tuberías aisladas se requiere una limpieza previa, cepillado y capa de imprimación para protección. Los colores finales de las partes vistas del suministro se propondrán a la Dirección Facultativa quien por razones de homogeneidad o estética podrá solicitar su cambio, o ya habrán sido predefinidos por ella. Para una correcta identificación de las tuberías, se procederá a la señalización de estas siguiendo la normativa de la propiedad. Los criterios a seguir para una correcta identificación de las tuberías dependerá de si están calor fugadas o no.

Las tuberías que no lleven Calorifugado se pintarán con el color base que identifica al fluido que transportan y sobre este se pintarán franjas de 20 cm. de anchura que indicarán las características del mismo. Las tuberías que vayan calor fugadas se marcarán con bandas de identificación (30 cm. de ancho) sobre la chapa de protección del aislamiento, siendo ocupados los extremos de la banda por el color base de identificación del fluido y el centro de la misma por el color que indica las características del mismo. Estas bandas se pintarán a intervalos no mayores de 15 m., cerca de las válvulas o en los tramos donde las tuberías atraviesen paredes o techos. Los colores a aplicar se especificarán en el momento de la contratación. Juntamente con la señalización del fluido se colocarán flechas de indicación de sentido de flujo en las tuberías. También se colocarán dichas indicaciones en las líneas de entrada y salida de colectores y equipos.

- d) Todas las estructuras metálicas, tuberías y demás partes metálicas deberán ser conectadas a la red de tierras de la instalación, quedando dicha conexión incluida en este suministro. Asimismo, si para la perfecta continuidad eléctrica y/o dieléctrica fueran necesarias trenzas aéreas en válvulas y/u otros elementos, estas deberán también formar parte de la oferta.

3.11 Cuadros de control

Todas las señales especificadas en el listado de instrumentación localizadas en panel deberán ser llevadas hasta el cuadro de control ubicado en la sala de control. Los requerimientos de este cuadro se detallan a continuación:

3.11.1 Ubicación

Todos los cuadros relacionados quedarán situados en la sala de control de la central de generación.

3.11.2 Pautas de Construcción

- Con objeto de unificar todos los cuadros de control, dotarlos de un aspecto y calidad similar y asegurar un mantenimiento más cómodo, se definen para todos ellos unas características para homogeneización, que se resumen en:
 - Construcción en chapa de acero tratado contra la corrosión.
 - Acabado en pintura de color según RAL 7032 (gris).
 - Dimensiones:
 - . Alto: 2.000 mm
 - . Ancho: 800 mm/ 1.200 mm/ 1.600 mm (éste en dos módulos de 800)

. Fondo: 600 mm

- No dispondrán de zócalo inferior.

- Puerta de acceso frontal, dotada de juntas de neopreno.

- Una sola maneta para apertura de la puerta, situada en el extremo izquierdo. En caso de cuadro constituido por los módulos de 800 mm unidos, habrá una maneta por módulo situadas en el eje del cuadro.

- Protección IP23.

- Apoyo directo en su base, sin anclajes.

- Entrada de cables a definir en fase más avanzada de proyecto.

- En fase de proyecto se definirían detalles sobre la construcción del cuadro, situación de instrumentos, características requeridas para ellos, etc.
- Los cuadros que precisen refrigeración o condiciones ambientales determinadas deberán estar diseñados a tal efecto y estas condiciones deberán quedar explicitadas por el Suministrador.
- En cuanto a la distribución de instrumentos y otros elementos en el frontal e interior, el Suministrador presentará su propuesta que deberá ser aprobada por la Dirección Facultativa. Esta podrá solicitar modificaciones en los paneles, marcas de instrumentos, disposición de los mismos, etc. para conseguir la homogeneización deseada. En caso de introducir modificaciones de importancia, Cliente y Suministrador acordarían una posible revisión de alcance y precio de las mismas.
- En términos generales, los frontales de los cuadros quedarán ocupados por:
 - Instrumentos de medida, reguladores con indicación, etc.
 - Tableros de indicadores y/o pantalla de vídeo.
 - Pulsadores y selectores.

El interior contará con:

- Equipos de regulación sin indicación de valores, relés de protección, etc.
- Todo el cableado de control se llevará por tubo de PVC y bandejas, y se colocará bandeja para paso de cables de control en los puntos donde sea necesario. Queda dentro del suministro el cableado de potencia de todos los equipos especificados en la Especificación Técnica, desde su respectivo cuadro de equipo en campo. Dicho cableado deberá ir lo suficientemente protegido y aislado, así como transportado en bandejas.

- Sistema de protección y distribución hacia instrumentos, basado en seccionador de entrada, fusibles o magnetotérmicos de protección ante perturbaciones internas o externas, fuentes de alimentación, transformadores, etc.
- Cableado interior, realizado en forma ordenada para permitir un acceso cómodo y fácil. Se dispondrán las correspondientes canalizaciones de guiado y protección de cables, efectuado en forma adecuada para evitar interferencias, inducciones o cualquier tipo de perturbaciones que puedan afectar al cableado procedentes de otros cables, otros elementos del cuadro o cuadros propios adyacentes. En general se separarán los cables con señal débil y los de señal fuerte. El tipo de cable tendrá en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de instrumentos y cada uno estará dimensionado para su correcto funcionamiento, si bien la sección mínima a utilizar será de 1,5 mm². Todo el cableado quedará convenientemente numerado en sus extremos. Regleteros de interconexión interior o con campo, también con bornas numeradas y de fácil acceso. Una de las bornas se reservará para la alimentación de los cuadros, que será común a la de todos los proporcionados por un suministrador.
- Tierras de los cuadros, que se conectarán a la general en la borna correspondiente. Los cuadros deberán haber sido probados en taller antes de su entrega en la fábrica.

3.11.3 Paneles Auxiliares locales

Si la configuración estándar del suministrador así lo requiere, se podrán disponer de paneles de control y maniobra locales, siempre y cuando desde el cuadro central se da la posibilidad de paro/marcha de dichas unidades e información básica de estado (paro/marcha/alarma) de las mismas.

3.11.4 Cableado y Bandejas

Potencia

- La Propiedad proporcionará un único punto de alimentación en baja tensión: uno para el cuadro de control.
- La distribución desde este cuadro a los restantes paneles, será realizada por el Suministrador.

Control

Se considerará todo el cableado necesario para las siguientes conexiones:

- Interiores en cada cuadro.
- Entre cuadros.
- Entre cuadros y equipos.

Disposición del Cableado

- Los cables se dispondrán sobre bandejas o en tubulares enterradas, en capas y evitando cruces.
- Las bandejas serán siempre distintas para control instrumentación y para potencia.
- La distancia vertical u horizontal entre haces de cables será como mínimo de 30 cm.
- Todos los cables estarán convenientemente numerados en sus extremos.
- Se dará una lista de cables en el que quedarán completamente definidos.
- La conexión con Regleteros y equipos será objeto de otro plano.

Bandejas

- En caso de requerirse en la hoja de datos, se incluirán las bandejas necesarias para el tendido de cables que seguirán el trazado previsto por la Dirección Facultativa.
- Serán de chapa perforada de acero galvanizado, con tapa.
- Los soportes de bandejas en base a perfiles angulares y los medios de fijación necesarios, se consideran también suministrados, con pintura de imprimación y acabado, según lo expresado en las condiciones generales.

4. Condiciones de Ejecución

4.1 General

- El contratista realizará la comprobación de las cotas de los planos antes de comenzar el montaje y notificará las posibles incorrecciones a la dirección facultativa.
- El montaje de las tuberías, válvulas, filtros y otros accesorios de las tuberías se realizará con el diseño previsto en el plano. Comprenderá la conexión y ensamblaje de todas las líneas entre sí y con los diferentes equipos, las juntas entre bridas con completa fijación de los tornillos y reapriete de estos después del primer calentamiento en las uniones bridadas y roscado según normas específicas de conexiones roscadas.
- El montaje de las válvulas comprenderá el ajuste del prensa estopas y la eventual sustitución / adición de relleno durante y después de la prueba hidráulica de la línea.
- La terminación de todas las tuberías se realizará con los accesorios indicados en planos o requeridos por la dirección técnica, como conexiones para manómetros, termómetros, purgas, etc.
- Las tuberías prefabricadas en taller deberán suministrarse con 20 cm de holgura en las tres dimensiones del espacio con el fin de poder ajustar exactamente los tramos en montaje y evitar carretes suplementarios.

- No se permitirán desviaciones en los tramos rectos, por lo que se deberán preparar y alinear los bordes a soldar de forma correcta.
- Deberá preverse que ningún conductor eléctrico, uniones o cajas de registro, quede apoyado sobre las tuberías; toda conducción eléctrica estará situada a una distancia mínima de 30 cm.
- Si durante el montaje se ha de dejar alguna tubería con un extremo abierto durante algún tiempo, se procederá a colocar un tapón en dicho extremo.
- El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o fallos de homogeneidad de cualquier tipo.
- Las uniones de tubos de PVC se realizarán a través de manguitos de unión con junta de caucho. Las uniones de tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio serán de tipo cubrejuntas.
- En caso de producirse, las soldaduras sobre acero inoxidable serán pasivadas por medios aceptados por la dirección de obra. No se permitirá el uso de soplete para la realización de agujeros destinados a tornillería; estos se realizarán con la broca adecuada a la tornillería a colocar.
- En caso de soportes para tubería de acero inoxidable, se incluirán placas de acero inoxidable o de goma entre el soporte y la tubería para evitar el contacto entre el acero al carbono y el acero inoxidable. Las tuberías tendrán pendiente hacia el lado natural de drenaje, siendo dicha pendiente superior en todo caso al 1%.
- Todos los materiales necesarios para el montaje, andamios, soportes provisionales, máquinas elevadoras, etc., serán facilitados por el contratista.
- El contratista retirará los materiales sobrantes, accesorios provisionales, equipos móviles, etc., dejando la obra en perfectas condiciones de limpieza.
- En la fabricación deberán cumplirse las siguientes tolerancias dimensionales, salvo que se especifique otra cosa:
 1. Longitud y otras dimensiones lineales + 3 mm.
 2. Aplastado 5% del diámetro nominal del tubo
 3. Alineación de la cara de bridas Máxima desviación medida en cualquier dirección 1/2 grado
 4. Alineación de las uniones de línea Máxima desalineación paralela permisible + 2 mm.
 5. Espesores - pared acabada no inferior al 87% del espesor nominal
 6. Situación de agujeros para tornillos
 7. Desviación de los ejes + 2 mm.

4.2 Preparación, Ejecución y Tolerancias Admisibles de Soldaduras

Las condiciones mínimas de soldaduras se especifican en el presente pliego de condiciones. El objeto de este párrafo es exponer las condiciones mínimas de preparación de las tuberías para el montaje y la soldadura.

- Se cortará la tubería y se prepararán sus bordes a las dimensiones requeridas. Se verificará que los extremos de los tubos cumplen las condiciones mínimas para una perfecta alineación y soldadura, reparándose los efectos eventuales y los que no puedan ser reparados se eliminarán cortando la parte defectuosa. El corte se efectuará con aparato adecuado, perpendicular al eje del tubo achaflanándose y puliéndose después con muela o lima el extremo del tubo.
- Los tubos y accesorios se presentarán antes de iniciar la soldadura. La pieza mayor se situará en posición y las otras se colocarán en relación a ella, manteniéndose las piezas en su correcta posición mediante posicionadores o soldaduras de puenteo. Se comprobará toda la tubería en cuanto a dimensiones y posición antes de pasar al soldeo definitivo.
- Las soldaduras serán a tope en uniones soldadas en tubos y entre tubos y bridas con cuello. Para las uniones entre bridas planas y tubos, la soldadura será de ángulo de rincón y de ángulo en solape.
- Las tolerancias admisibles para uniones soldadas entre tubos y entre tubos y bridas con cuello se reflejan en las hojas IM003-01 e IM003-02 adjuntas.
- Todos los oficiales soldadores deberán poseer un certificado en vigor de su homologación. En caso de lluvia o nieve se efectuarán los trabajos de soldadura bajo un techo de protección.

4.3 Acabados

- Antes de aplicar alguna capa de pintura o de proceder a la colocación del Calorifugado, deberá eliminarse el aceite, grasa, polvo y materias extrañas que haya podido depositarse en las superficies durante la realización de los trabajos. Deberá ponerse especial atención en evitar la contaminación de superficies ya limpias, pero que hayan permanecido durante un tiempo a la intemperie sin ningún tratamiento.
- Cualquiera que sea el método de preparación de superficie empleado, deberá ser suficiente para eliminar la suciedad, polvo, calamina, óxido, escorias de soldadura, aceites y grasas. La limpieza interior de las tuberías se realizará por diferentes medios dependiendo de las necesidades de cada línea. En general todas las tuberías deberán quedar limpias interiormente antes de comenzar a operar.
- En caso de tuberías que precisen un decapado interior, se efectuará un tratamiento alcalino detergente a las tuberías con el fin de eliminar todas las grasas, aceites y demás residuos

superficiales provenientes del montaje, dejando las superficies preparadas para el uso posterior. Los productos propuestos son no volátiles y sus concentraciones son las siguientes:

- Carbonato sódico al 0,5%.
- Fosfato trisódico al 0,5%.
- Sosa cáustica al 0,2%.
- En esta fase no habrá contacto con red. Los reactivos se dosificarán en la tubería disueltos desde un principio, por orificios preparados a tal efecto. La tubería deberá quedar totalmente llena, y a tal fin se dejarán abiertos los venteos en los puntos altos hasta observar la salida del líquido por ellos. Los reactivos arriba mencionados podrán ser sustituidos por otros con la aprobación de la Dirección Facultativa.

4.4 Pruebas y Ensayos

- Correrá por cuenta del suministrador la realización de todos los ensayos y pruebas necesarios para demostrar el buen funcionamiento de las instalaciones, así como las pruebas de presión y de estanqueidad (hidrostática y neumática) que indiquen las disposiciones legales vigentes en cada caso. La certificación de las pruebas realizadas ante los organismos competentes será por cuenta del suministrador.
- Los trabajos necesarios de preparación de las pruebas, retirada de instrumentación, colocación de bridas ciegas, colocación de filtros temporales, etc., serán por cuenta del suministrador.
- Una vez concluidas las pruebas el suministrador retirará todos los elementos utilizados durante estas y dejará la instalación preparada para el funcionamiento.

4.4.1 Pruebas en Frio

- Estas pruebas se realizarán sin presencia de fluidos calientes en las tuberías. A efectos prácticos el sistema de tuberías estará aislado del resto de sistemas.
- ❖ Inspección visual del sistema. Esta inspección tiene como objetivo asegurar que:
 - . Están todos los elementos del sistema.
 - . Que su dimensión y calidad es la proyectada.
 - . Que su conexión con otros sistemas es la adecuada.
 - . Ausencia de defectos apreciables visualmente: corrosiones, golpes, etc.
- Para ello se utilizarán los anexos de la especificación técnica y el plano P&ID. En particular se atenderá a:

- . Montaje de las válvulas
- . Montaje de instrumentos y purgadores
- . Tuberías de aireación
- . Tuberías de vaciado
- . Tuberías de purga y arranque
- . Juntas
- . Soportes y apoyos
- . Aislamientos
- . Accesos a los puntos de operación
- . Limpieza de las superficies
- . Alineaciones

4.4.2 Prueba de Resistencia Hidrostática

- Esta prueba se efectúa con el fin de que se cumplan las condiciones de prueba impuestas tanto por los códigos utilizados para el diseño y construcción como por el vigente Reglamento de Recipientes a Presión.
- La presión de prueba a que se someterán las tuberías viene dada por la siguiente fórmula, según se indica en el "Reglamento de recipientes a presión".

donde P_p = Presión de prueba.

P_d = Presión de diseño.

Para la preparación de esta prueba se atenderán los siguientes criterios:

1. Se seguirá un criterio de agrupamiento en circuitos lo más extensos posibles, con presiones de pruebas equiparables a fin de reducir el número total de pruebas a realizar.
2. Los aparatos se probarán independientemente y a la misma presión a que fueron sometidos en fábrica, salvo que dicha presión coincidiera con la de la prueba del sistema, en cuyo caso la prueba podrá simultanearse.
3. Las bombas hidráulicas utilizadas en la realización de la prueba podrán ser manuales o mecánicas. Estarán dimensionadas de forma que permitan alcanzar como mínimo el 110% de la presión de prueba, sin deterioros ni fugas en sus elementos de estanqueidad (juntas, estopadas, etc.). Su capacidad se ajustará a la capacidad del equipo o sistema a probar, de forma que el

incremento de presión sea lineal y no excesivamente rápido, de forma que se evite al máximo la posibilidad de daños en el equipo o sistema de prueba.

4. Los manómetros serán del tipo Bourdon y el alcance de la escala será aproximadamente el doble de la presión de prueba, aunque en ningún caso será inferior a 1,5 o superior a 4 veces dicha presión. La cantidad de manómetros necesarios para cada prueba será mínimo de tres, uno de ellos situado en la descarga de la bomba de prueba. Todos los manómetros deberán haber sido calibrados previamente a la prueba, de acuerdo con los procedimientos establecidos, y será necesario presentar el correspondiente certificado de calibración antes de la prueba. Si se considera necesario, el Cliente o la Dirección de obra podrá exigir la verificación del manómetro al finalizar la prueba.

5. Elementos auxiliares: Todas las juntas, bridas ciegas, suplementos temporales de tubería, válvulas, etc. necesarios para la prueba serán capaces de soportar sin deterioro las condiciones de dicha prueba.

6. Las válvulas de seguridad utilizadas durante la prueba estarán calibradas y visiblemente precintadas, al 105% de la presión que previsiblemente alcanzarán. Su capacidad de descarga será la suficiente para evitar que se rebase este límite de presión. Cuando se empleen bombas manuales para subir la presión de prueba no será necesario colocar válvulas de seguridad.

Preparación del Ensayo

1. La bomba de prueba se conectará al equipo o sistema en el sitio más conveniente, eligiendo preferiblemente el punto más bajo de dicho equipo o sistema.

2. Todos aquellos elementos o partes del sistema que estén exentos de la prueba o que por sus características no puedan soportar sus condiciones sin deterioros, deberán ser previamente retirados o aislados para su protección (instrumentación, aparatos de control, etc.).

3. El elemento o sistema sometido a prueba debe poder ser inspeccionado en su totalidad. Esta condición es ineludible para todas las uniones, ya sean embridadas o soldadas, por lo que el ensayo se realizará antes de calorifugar la tubería.

4. Se dispondrá de los medios de iluminación necesarios para la inspección visual completa del elemento o sistema ensayados.

5. Los fuelles de expansión, compensadores de dilatación, etc., cuando sea necesario, se fijarán o reforzarán de forma que no actúen o se minimice en ellos el efecto de la sobrepresión de la prueba.

6. Las válvulas de seguridad definitivas se sustituirán por bridas ciegas, cuando sea posible. En caso contrario se adoptarán medidas para evitar su disparo durante la prueba.
7. El fluido utilizado debe de ser agua.
8. El llenado del elemento o sistema se hará de forma que no queden bolsas de aire ocluidas en su interior, que puedan causar golpes de ariete o sobrepresiones. Se dispondrán las necesarias condiciones de venteo en los puntos altos y en cualquier otro punto que por la configuración de su situación pudiera retener cámaras de aire.
9. Una vez llenado de agua el equipo o sistema, se esperará el tiempo necesario hasta que la temperatura del fluido y la de los componentes esté equilibrada, antes de empezar a presurizarlo.
10. Las superficies a inspeccionar durante la prueba hidrostática aparecerá completamente secas, no admitiéndose humedades o zonas mojadas que puedan enmascarar la existencia de alguna fuga.
11. En los casos en que las pruebas hidráulicas entrañen un peligro potencial, debido al gran volumen de agua necesaria o a elevadas presiones de prueba, se restringirá el paso al área de prueba, adoptándose las precauciones necesarias para minimizar el peligro para el personal que interviene en la prueba.
12. Antes de iniciar la prueba se dispondrá y comprobará el buen funcionamiento de las conexiones flexibles o colectoras para evacuar a los sumideros el agua de la prueba o la procedente del disparo de las válvulas de seguridad utilizadas para dicha prueba. En caso de fallo de la prueba, dichas conexiones deberán permitir un vaciado lo suficientemente rápido, que no produzca daños al equipo o a elementos colindantes.
13. Cuando el sistema deba ser secado total o parcialmente, deberá preverse la disponibilidad de aire a presión o cualquier otro medio necesario para tal operación.
14. En aquellos casos en que, por el peso del fluido contenido o por las condiciones de la prueba, exista la posibilidad de deformaciones o asentamientos, se dispondrán elementos de medida para asegurar que tales deformaciones o asentamientos no alcancen límites peligrosos durante la prueba, ni permanezcan al finalizar.

Ejecución del Ensayo

1. Una vez llenado de líquido de prueba y purgado el aire del sistema, se efectuará una inspección del mismo a fin de detectar y corregir posibles fugas. Asimismo, en esta inspección se

comprobará la posición de las válvulas de aislamiento de los elementos que no deban ser sometidas a la presión de prueba, el emplazamiento de los manómetros, etc.

2. Complementado el párrafo anterior, se iniciará la presurización del sistema con la bomba de prueba. El incremento de la presión será gradual siguiendo el procedimiento establecido para la prueba. La presión de prueba, presión a la cual efectuará la primera inspección rápida en busca de alguna fuga, deformación o anomalía. Una vez finalizada esta inspección se irá aumentando la presión en escalones equivalentes al mayor de los siguientes valores:

a) Para presiones de prueba superiores a 28 Kg/cm^2

1.1/10 de la presión de prueba.

2.7 Kg/cm^2

b) Para presiones de prueba inferiores a 28 Kg/cm^2

1.1/4 de la presión de prueba, realizándose la correspondiente inspección rápida en cada escalón. El número de escalones adoptados no será nunca inferior a 2 a partir de la mitad de la presión de prueba.

3. Una vez alcanzada la presión de prueba, se efectuará un examen detallado del elemento o sistema, manteniendo tal presión durante el tiempo necesario para examinar todas las juntas, apéndices y accesorios para comprobar que no existe fuga alguna, rezumes ni deformaciones anormales. El tiempo de permanencia a la presión de prueba en ningún caso será inferior a 10 minutos.

4. Una vez finalizada la inspección y transcurrido el tiempo mínimo, se iniciará la despresurización del sistema o elemento. La presión debe reducirse lentamente hasta $3/4$ de la presión de prueba.

5. Llegados a este valor de la presión, se efectuará un último examen cuyo resultado determinará la aceptación de la prueba realizada y las acciones correctivas necesarias. En ningún caso, el tiempo total empleado en la ejecución de los ensayos será inferior a 1 hora.

Amposta, Enero de 2020

Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial

Luis Felipe Ramirez Gamboa

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES DE LOS SERVICIOS

1. Ensayos y Pruebas en Origen

Tras la construcción de los equipos incluidos en el suministro, realizada según normas y códigos internacionales reconocidos y según el Plan de Calidad del Suministrador, éste deberá asegurar que se efectúen los ensayos y pruebas estándar en origen que correspondan, con el fin de verificar que las prestaciones y funcionamiento de los equipos son correctos y conforme a lo esperado. De estos ensayos y pruebas saldrían certificados a adjuntar a la documentación del proyecto.

2. Transporte y Descarga

- El suministrador se hará cargo y será responsable del transporte y descarga en el emplazamiento de los materiales y equipos por él suministrados. Los medios auxiliares para realizar la descarga o para movimientos interiores formarán parte del suministro (p.e. grúas, carretillas, sistemas de arrastre, etc....).
- Con la suficiente antelación, el Suministrador informará a la Dirección Facultativa de las fechas de expedición y de posible llegadas de los equipos y materiales principales y auxiliares a obra. El hito de llegada de equipos a obra quedará consignado en un acta a firmar entre Suministrador y Dirección Facultativa.
- Todos los desperfectos que puedan ocasionarse por el transporte y/o la descarga correrán por cuenta del suministrador, por lo que éste deberá haber contratado los seguros que procedan. La aceptación de materiales y equipos se realizará tras una revisión de los mismos por parte de los inspectores de la Propiedad o personal autorizado delegado.

3. Montaje

- El Suministrador se ocupará del montaje y conexión de todos los equipos y elementos por él suministrados y de la interconexión con el resto de la instalación, de forma que asegure la configuración proyectada y su correcto funcionamiento en la forma prevista.
- Para esta fase el Suministrador deberá haber suscrito el seguro que cubra daños a su personal o al de terceros, así como daños a instalaciones, debidos a sus trabajos de montaje.
- Durante el desarrollo del proyecto se habrán acordado los procedimientos de montaje a seguir, así como la normativa que deba observarse para su realización, especialmente en lo referente a seguridad. En cualquier caso, antes de la llegada de equipos a obra, la Ingeniería convocará al

Suministrador a una reunión para coordinación y planificación del mismo, reunión que, eventualmente, podrá ser conjunta con otros suministradores.

- En este sentido, la Dirección Facultativa podrá decidir la paralización o repetición de trabajos en caso de que el Suministrador no se atenga a lo acordado y se repercutirán sobre éste las responsabilidades que procedan. Se entiende que el montaje ha concluido en el momento en que los equipos están dispuestos para que puedan efectuarse las pruebas que correspondan. Este hito quedará también formalizado mediante un acta a firmar entre el Suministrador y la Dirección Facultativa.
- Para la realización del montaje se entiende que la Propiedad realizará, a su cargo, tanto la obra civil necesaria para la instalación como las ayudas de albañilería precisas.
- Cualquier modificación de importancia introducida por el Suministrador en el momento del montaje y que implique costes adicionales a los aprobados correrán a su cargo. Todo el material necesario para las interconexiones, elementos de soporte, etc. Se considera incluido en el alcance del suministro.

4. Pruebas y Puesta en Marcha

- El Suministrador deberá demostrar que su suministro cumplimenta los requisitos exigidos y por ello, una vez instalado el sistema, se procederá a las pruebas procedentes y a la puesta en marcha correspondiente con el fin de dar el visto bueno a la instalación para su explotación. Los protocolos de pruebas habrán sido acordados con anterioridad.
- Asimismo, para todos los circuitos de tuberías se requerirá un primer tratamiento de limpieza interior previo a las pruebas de puesta en marcha consistente, por un lado, en hacer circular el fluido necesario para el arrastre de cualquier elemento que pudiera haber depositado en su interior, y por otro lado en un lavado de preparación y protección de las tuberías con los aditivos químicos de protección necesarios para cada uno de los diferentes circuitos.
- Dentro de las pruebas a realizar se incluyen las descritas en la normativa correspondiente a aparatos a presión y en particular una prueba hidrostática a todos los circuitos a una presión de 1,5 veces la presión de diseño.
- Estarán incluidos en el Suministro el proyecto constructivo, su revisión por una ENICRE y la asistencia de la ENICRE a las pruebas en caso de ser necesario.
- Al estar integrado en un proyecto de mayor envergadura, es posible que las operaciones de puesta en marcha deban coordinarse con las de los otros sistemas. En este caso, el Suministrador colaborará con los suministradores del resto de sistemas con objeto de alcanzar el buen fin del conjunto de la instalación.

- Al igual que en la fase de montaje, el Suministrador deberá haber suscrito el seguro que cubra daños a su personal o al de terceros, así como daños a instalaciones debido a sus trabajos de puesta en marcha y pruebas. La Recepción Provisional del suministro se produciría una vez superadas todas las pruebas y transcurrido un mes de funcionamiento.

5. Administración de Obra

- Los trabajos a realizar por el suministrador del Sistema generador deberán ser dirigidos, de forma continuada, por un técnico cualificado que el suministrador desplazará a la obra, y que será el único interlocutor con el Director de Obra.
- Durante el montaje y puesta en marcha del sistema el Suministrador deberá aportar una caseta de obra adecuada a todas las necesidades de su personal.

6. Adiestramiento de Personal

- El Suministrador se encargará de dar las indicaciones precisas para formación del personal de la Propiedad que se destine a la operación y mantenimiento de la instalación, complementando así sus manuales y asegurando la perfecta comprensión de los mismos.
- Está previsto que la mayor parte del adiestramiento impartido por los supervisores del Suministrador tenga lugar en el recinto de la Propiedad durante el período de montaje y puesta en marcha.

7. Documentación

Una vez recibida la orden de compra o pedido, el Suministrador irá facilitando a la Dirección Facultativa (Ingeniería) del proyecto, para su aprobación, la documentación especificada a continuación: (la siguiente lista no debe considerarse limitativa sino orientativa, puesto que puede surgir necesidad de otra documentación)

a) Documentación a entregar como máximo a los 20 días de la firma del contrato:

- Planning general de fabricación, entregas, montaje y pruebas. Planos constructivos de los equipos principales, isométricas para construcción y trazado definitivo de tuberías.
- Lista completa y especificación final de materiales.
- Manuales de operación, servicio y mantenimiento (preliminar).

b) Documentación a entregar 2 semanas antes del inicio de explotación previsto

- Dossier de calidad (Pruebas + Controles + Certificados)
- Catálogos de los elementos y equipos instalados. Hojas de datos y fichas técnicas.
- Manuales de operación, servicio y mantenimiento.

c) Documentación a entregar como máximo a los 15 días de la Recepción Provisional:

- Planos

Amposta, Enero de 2020

Fdo. El Ingeniero Técnico Industrial

Luis Felipe Ramirez Gamboa

PRESUPUESTO

	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA					
	PRESUPUESTO					
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR					

N.º. de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1		CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR			
1.1		OBRA CIVIL			
1.1.1		MOVIMIENTO DE TIERRAS			
1.1.1.1	m ²	Retirada y apilado de capa tierra superficial por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p de medios auxiliares.	150	0,81	121,50
1.1.1.2	m ³	Relleno extendido y apisonado con tierras de préstamo a cielo abierto, por medios mecánicos en tongadas de 30 cm de espesor, hasta conseguir un grado de compactación de 95% del Proctor normal, con aporte de tierras, incluso regado de las mismas y refino de taludes y con p.p de medios auxiliares.	75	7,39	554,25
1.1.1.3	m ³	Transporte de tierras al vertedero, distancia < 10 km, considerando ida y vuelta en camión basculante, cargado a máquina, canon de vertedero y con p.p de medios auxiliares	75	3,94	295,50
TOTAL, CAPITULO					971,25
1.1.2		INFRAESTRUCTURAS Y ACOMETIDAS			
1.1.2.1		DRENAJE, SANEAMIENTO, ABASTECIMIENTO			
1.1.2.1.1	Ud.	Arqueta sifónica prefabricada de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 40x40x40 cm, medidas interiores, completa con tapa, marco de hormigón y clapeta sifónica y formación de agujeros para conexión de tubos. Colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P 40/I de 10 cm de espesor y p.p de medios auxiliares, sin incluir excavación ni el relleno perimetral posterior/CTE HS-5	2	84,83	169,66
1.1.2.1.2	Ud.	Arqueta sifónica prefabricada de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral en la parte superior de 40x40x40 cm, medidas interiores, completa con tapa.	6	79,20	475,20

	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.2.1.3	m	Tubería de drenaje enterrada de PVC corrugado simple circular ranurado de DN 65 mm. Colocada sobre cama de arena de río de 10 cm de espesor revestida con geotextil de 125 g/cm2 y rellena con grava filtrante 25 cm por encima del tubo con cierre de doble solapa del paquete filtrante, con p.p de medios auxiliares sin incluir la excavación de la zanja ni el tapado posterior de la misma	90	17,75	1.597,50
1.1.2.1.4	m³	Excavación de zanjas en terreno de roca blanda, con martillo rompedor, con extracción de tierras en los bordes, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p de medios auxiliares	13,75	40,97	563,34
1.1.2.1.5	m³	Relleno extendido de tierras propias en zanja por medios manuales, con pisón compactador tipo rana en tongadas de 30 cm, sin aporte de tierras, incluso el regado de estas y con p.p de medios auxiliares.	13,75	24,35	334,81
1.1.2.1.6	Ud.	Arqueta a pie de bajante registrable, de 51x51x65 mm de medida interior, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1/2 pie de espesor, recibido con mortero de cemento M-5 colocado sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/40/I de 10 cm de espesor enfoscada y bruñida por el interior con mortero de cemento M-15 redondeando los ángulos con codo de PVC de 45 º	5	144,32	721,60
1.1.2.1.7	Ud.	Sumidero para recogida de pluviales en calzad de dimensiones 30x40x30 cm realizado sobre solera de hormigón en masa H-100 kg/cm2	4	108,00	432,00
1.1.2.1.8	m	Tubería de alimentación de PE de 32 mm de diámetro nominal de alta densidad y 1Mpa de presión máxima, que enlaza llave de paso con la batería de contadores de la instalación	50	11,14	557,00
1.1.2.1.9	m	Tubería de polietileno sanitario de 25 mm de diámetro nominal, para 1Mpa de presión Max. Colocada en instalaciones de agua caliente y agua fría con p.p de piezas especiales.	6	3,77	22,62
TOTAL, CAPITULO					4.873,73

	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.2.2	ALUMBRADO EXTERIOR				
1.1.2.2.1	m³	Relleno extendido y compactado con tierras de préstamo en zanjas por medios manuales con pisón tipo rana en tongadas de 30 cm de espesor con aporte de tierras, incluso carga y transporte a pie de tajo y regado de las mismas	3	47,00	141,00
1.1.2.2.2	m³	Excavación de zanjas en terrenos roca blanda o disgregada con martillo rompedor con extracción de tierras en los bordes, sin carga y transporte al vertedero y con p.p de medios auxiliares.	3	41,00	123,00
1.1.2.2.3	m	Acometida individual en canalización subterránea tendida en zanja formada por cable de cobre de 2(1x16) mm² con asilamiento 0,6/1 kV	1	28,00	28,00
1.1.2.2.4	m	Canaleta en montaje bajo suelo con cuatro compartimentos de 200x 28 mm de material aislante, instalada, incluyendo elementos de fijación.	60	14,38	862,80
1.1.2.2.5	Ud.	Baliza decorativa para alumbrado exterior de alturas 480 mm/1000 mm formado por estructura material termoplástico resistente a corrosión.	5	107,53	537,65
1.1.2.2.6	m	Línea general de alimentación en canalización entubada formada por conductor de cobre 4(1x35) mm2 con aislamiento 0,6/1 kV libre de halógenos, instalación incluida	50	12,98	649,00
TOTAL, CAPITULO					2.341,75
1.1.3	URBANIZACIÓN				
1.1.3.1	VALLADO Y ACCESOS				
1.1.3.1.1	m	Vallado de parcela formado por panel de malla electrosoldada de 50x50 mm de paso y 4 mm de diámetro, acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 de sección	100	33,45	3.345,00

30x30x1,5 mm y postes de perfil hueco Galvanizado					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.3.1.2	Ud.	Puerta de hoja abatible de 1x1,5 m exterior formada por bastidor de tubo de acero de 60x40x1,5 mm, barrotes de 30x30x1,5 mm y columnas de fijación de 100x100x2 mm galvanizado en caliente Z-275 por inmersión ajuste montaje y obra.	1	315,50	315,50
1.1.3.1.3	Ud.	Puerta de dos hojas abatibles de 5x2 m para cerramiento exterior, con bastidor de tubo de acero laminado de 60x40x1,5 mm barrotes de 30x30x1,5 mm y columnas de fijación de 100x100x2 mm galvanizado en caliente Z-275 ajuste y montaje de obra.	1	1.180,65	1.180,65
TOTAL, CAPITULO					4.841,15
1.1.3.2	PAVIMENTOS Y FIRMES				
1.1.3.2.1	m³	Grava cemento de sección completa, fabricada en central tipo GC1, puesta en obra, extendida compactada incluso preparación de la superficie de asiento en capas de 15/25 cm de espesor	50	28,32	1.416,00
1.1.3.2.2	m²	Pavimento de hormigón armado HA-25/P/20/II de 5 cm de espesor, con malla de 10x10x5 corte de juntas, limpieza del hormigón con máquina de agua de alta presión	150	11,49	1.723,50
1.1.3.2.3	m³	Zahorra artificial, husos ZA (40) /ZA (25) en capa con 75% de caras de fractura, puesta en obra extendida y compactada, incluso preparación de la superficie de asiento, en capas de 20/30 cm de espesor medido sobre perfil	120	23,62	2.834,40
TOTAL, CAPITULO					5.973,90
TOTAL, CAPITULO					10.815,05
1.1.4	CIMENTACIÓN				
1.1.4.1	m³	Excavación en terrenos de roca con martillo rompedor con extracción de tierras en bordes sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares	21	38,97	818,37

RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA					
PRESUPUESTO					
CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR					
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.4.2	m	Red de toma de tierra de estructura realizada con cable de cobre desnudo de 35 mm² uniéndolo mediante soldadura a la armadura de cada zapata incluyendo parte proporcional de pica registro de comprobación y puente de prueba.	70	6,55	458,50
1.1.4.3	m²	Solera de hormigón de 15 cm realizada con hormigón HA-25 N/mm2, Tmax.20 mm en obra y armado con mallazo de 15x15x6 de juntas, aserrado, y fratasado según NTE-RSS	160	16,17	2.587,20
1.1.1.4.4	m³	Hormigón armado HA-25 N/mm2, consistencia plástica, Tmax 40 mm para ambiente normal elaborando en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura 40 kg/m3, por medio de camión-bomba vibrado y colocado. Según norma NTE-CSZ EHE-08 y CTE SE-C	21,5	153,36	3.297,24
TOTAL, CAPITULO					7.161,31
1.1.5	ESTRUCTURAS				
1.1.5.1	m	Correa realizada con chapa conformada en frío tipo Zi/p. p de despuntes y piezas especial colocada. Según NTE-EA, CTE DB-SE-A	127,3	14,53	1.849,67
1.1.5.2	m³	Hormigón armado de HA-25 N/mm2, Tmax 20 mm, consistencia plástica elaborado en central en jácnas de cuelgue/p. p de armadura 150 kg/m3 y encofrado de madera vista, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado según normas NTE-EME y EHE-08.	126,6	14,53	1.839,50
1.1.5.3	m³	Hormigón armado HA-25 N/mm2, Tmax 20 mm consistencia plástica elaborado en central en pilares de 30x30 cm, i/p. p de armadura 80 kg/m3 y encofrado metálico, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado según normas NTE-EHS y EHE-08.	1,9	288,56	548,26
1.1.5.4	m³	Hormigón armado HA-25 N/mm2 consistencia plástica Tmax 20 mm para ambiente normal elaborado en central en muro de 30 cm de	71,33	283,56	20.226,33

espesor incluso armadura 80 kg/m3 encofrado y desencofrado con paneles metálicos de					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
2,70x2,40 m a dos caras, vertido, encofrado y desencofrado con grúa, vibrado y colocado según normas NTE CCM, EHE-08 y CTE SE-C					
TOTAL, CAPITULO					24.463,76
1.1.6	ALBAÑILERÍA				
1.1.6.1	m²	Fábrica de ladrillo cerámico hueco doble 24x11 5x8 cm de 1/2 pie de espesor recibido con mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río tipo M-5 preparado en central y suministrado a pie de obra, para revestir según UNE-EN-998-1:2004, RC-08, NTE-PTL y CTE SE-F	10	23,85	238,50
TOTAL, CAPITULO					238,50
1.1.7	FACHADA				
1.1.7.1	m²	Panel de cubierta 5 grecas ACH (P5G) acústico en 120 mm de espesor machimbrado en cara exterior e interior, núcleo de lana de roca tipo L dispuesto en lámelas con chapas de acero prelacadas 0,5/0,5 una de ellas perforada doble banda, aislamiento acústico certificado según UNE ENE ISO Rw 34 db y Coeficiente de absorción 0,75 según EN 20354 certificado según norma UE de reacción al fuego EN 13501-1:2002 como A2-S1	200	45,39	9.078,00
TOTAL, CAPITULO					9.078,00
1.1.8	CUBIERTA				
1.1.8.1	m²	Cubierta formada por panel de acero en perfil comercial, prelacada la parte exterior y galvanizada en el interior de 0,5 mm con núcleo de EPS de 20 kg/m3 con un espesor de 40 mm, clasificado M-1 en su reacción al fuego, colocado sobre correas metálicas/p. p de solapes, tapajuntas accesorios de fijación, juntas de estanqueidad medios auxiliares y elementos de seguridad s/NTE-QTG-8. Medida en magnitud real	200	31,15	6.230,00

TOTAL, CAPITULO					6.230,00
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.9	REVESTIMIENTOS				
1.1.9.1	FALSO TECHO				
1.1.9.1.1	m²	Techo suspendido formado por tres placas de yeso laminado Placo PPF BA15 de 15 mm de espesor, atornilladas a una estructura portante F-530 con una resistencia al fuego de 90 min. Al pleno, un aislamiento acústico al ruido aéreo de 70,04 db y una absorción acústica de 0,10. Pasta de juntas y unión encintada. Totalmente terminado a falta de pintura	4,57	46,65	213,19
TOTAL, CAPITULO					213,19
1.1.9.2	PARAMENTOS				
1.1.9.2.1	m²	Alicatado con azulejos de gres porcelánico esmaltado de 15x15 cm, acabado en color recibido con adhesivo C1TE s/EN-12004 ibersec tile porcelánico, sobre enfoscado de mortero sin incluir este/p. p de cortes, piezas especiales/rejuntado con mortero CG2 s/EN-13888 ibersec junta color y limpieza.	20,05	37,63	754,48
1.1.9.2.2	m²	Impermeabilización de muros al interior con mortero hidrófugo cementosa con polímeros en dos componentes Prelastic 500 de Copsa aplicado en dos manos sobre Hormigón o enfoscados a la primera brocha o a rodillo previa limpieza y humectación Del soporte hasta saturación	150	13,80	2.070,00
TOTAL, CAPITULO					2.824,48
1.1.9.3	PAVIMENTOS				
1.1.9.3.1	m²	Recrecido en capa de limpieza y nivelación con mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río Mm-25 de 3 cm de espesor, maestreado medido en superficie realmente ejecutada	122,5	8,93	1.093,93
1.1.9.3.2	m²	Pavimento de pintura epoxi en base acuosa consistente en dos capas de pintura sobre superficies de hormigón o mortero sin incluir la preparación del soporte colores estándar	122,5	12,35	1.512,88

medido en superficie realmente ejecutada					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.1.9.3.3	m²	Soldado de baldosa de gres porcelánico de 24x24 cm, recibido con adhesivo C1 TE s/EN -12004sobre superficie lisa rejuntado con mortero tapajuntas CG2-W-Ar medido en superficie ejecutada	5,27	41,17	216,97
					2823,78
TOTAL, CAPITULO					2.823,78
TOTAL, CAPITULO					5.648,26
1.1.10 CARPINTERÍAS					
1.1.10.1	Ud.	Puerta abatible de dos hojas de chapa de acero galvanizada y plegada de 0,8 mm y medidas totales 2,7 x 5,00 m, realizada con cerco y bastidor de perfil de acero galvanizado, garras recibido a obra, sistema de apertura automático mediante actuadores electrohidráulicos con bloqueo en cierre, juego de herrajes de colgar cerradura y tirador a dos caras, armario para grupo electrónico digital con accionamiento ultrasónico a distancia, pulsador interior receptor, emisor mono canal, fotocélula de seguridad ajuste y montaje incluido	1	2.758,42	2.758,42
1.1.10.2	Ud.	Puerta metálica cortafuegos de una hoja pivotante de 0,80x2,10 m homologada EI2-120 construida con dos chapas de acero de 0,80 mm de espesor y cámara intermedia de material aislante ignifugo sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm con siete patillas para fijación a obra cerradura embutida y cremona de cierre automático, elaborada en taller ajuste y fijación en obra, incluso acabado en pintura epoxi polimerizada el horno	1	276,28	276,28
TOTAL, CAPITULO					3.034,70
1.2 CALDERAS					
1.2.1	Ud.	Caldera Herz FIREMATIC T-CONTROL, de 499 kW de potencia nominal para astillas M40 y pellets según norma ÖNORM7135 Presión máxima 5 bar. Caldera de acero soldado y ensayado a presión. Rendimiento instantáneo	2	68.533,00	137.066,00

superior al 92%. Caldera Clase 5 según EN 303-5-2013					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.2.1.2	Ud.	Control en cascada para T control (terminal y activación) para caldera nueva, necesario para caldera en cascada.	2	387,00	774,00
1.2.1.3	Ud.	Válvula térmica de seguridad temperatura de apertura 108 ºC rosca interior 3/4"	2	98,40	196,80
1.2.1.4	Ud.	Regulador de tiro D= 250 mm con clapeta de sobrepresión para estabilizar el tiro en chimeneas de más de 7 metros	2	353,00	706,00
1.2.1.5	Ud.	Kit básico rotativo modular para 400 - 500 kW Compuesto por rotativo, base y sinfín, conexión a caldera, motor y transmisión	2	5.835,00	11.670,00
1.2.1.6	Ud.	Kit sinfín rotativo modular canal abierto D= 6 m para FM20-501 (LTOTAL = 3,50 m) compuesto por ballestas, canal sinfín, incluye pasa muros, sinfín	2	1.904,00	3.808,00
1.2.1.7	Ud.	Kit extensión sinfín rotativo modular para FM20-501 L= 200 mm, compuesto por sinfín y canal sinfín cerrado superior e inferior	2	769,00	1.538,00
1.2.1.8	Ud.	Pie de soporte para el sinfín inclinado necesario cada 2 m de sinfín, a partir de 5,5 m de diámetro en el tramo abierto.	2	212,00	424,00
1.2.1.9	Ud.	Pie de soporte para el sinfín inclinado canal cerrado necesario cada 2 m de sinfín y a partir de 5,5 m de diámetro en el tramo abierto	2	219,00	438,00
1.2.1.10	m	Tubo de conexión a RSE (0º -20º) para FM1399 Tubo de conexión de sistema sinfín rígido 400 V a RSE para Firematic 399 Tubo de conexión de sistema rotativo modular a RSE para Firematic 120-501	2	79,60	159,20
1.2.1.11	Ud.	Ensamblaje y conexionado interno para FM 399	2	3.422,00	6.844,00
1.2.1.12	Ud.	Puesta en marcha modelo Firematic 399	2	822,00	1.644,00
		Incluye puesta en marcha y formación del usuario.			
TOTAL, CAPITULO					165.268,00

RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA		
PRESUPUESTO		
CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR		

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.3		SILO			
1.3.1	Ud.	<p>Sistema de llenado de silos</p> <p>Kit Básico Sistema de llenado vertical</p> <p>Cuadro de Control para 3 motores</p> <p>sobrecoste para módulo de llenado vertical</p> <p>Extensión de módulo de llenado con canal</p> <p>L= 1,2 m para silos versión derecha</p> <p>Extensión de módulo de llenado con canal</p> <p>L= 0,6 m para silos versión derecha</p> <p>Extensión sinfín Horizontal L= 0,5 m para llenado de silos versión derecha</p> <p>Extensión sinfín Vertical L= 1,0 m para llenado de silos versión derecha</p> <p>Extensión sinfín Vertical L= 1,5 m para llenado de silos</p> <p>Extensión sinfín Horizontal L= 1,0 m en silo</p> <p>De almacenamiento</p> <p>Sinfín de llenado Silo D = 300 mm</p> <p>Precio por Metro Lmax = 12 m</p> <p>Soporte Intermedio (a partir de 5 m de sinfín)</p> <p>Ensamblaje y Conexión Interno del sinfín vertical de llenado de silos</p>	1	39.358,00	39.358,00
TOTAL, CAPITULO					39.358,00
1.4		EVACUACIÓN DE HUMOS			
1.4.1	Ud.	<p>Chimenea</p> <p>Conjunto chimenea modular marca DINAK-C de doble pared de acero inoxidable AISI 316 con junta de estanqueidad, diseñada para la evacuación de gases de combustión, para conducción salida caldera a cubierta de 12 m de longitud, de modulo final de salida libre, abrazaderas y otros elementos de anclaje totalmente instalada según norma UNE 123001. En el montaje se incluye silenciador diseñado para eliminar 20 dB d ruido. Totalmente instalada en el interior de la sala de calderas y en exterior.</p>	2	4.635,62	9.271,24
1.4.1.1	Ud.	<p>Kit básico de descarga de ceniza con sistema de caída directa para FM399 monofásico 230 v</p> <p>Kit formado por cajón de cenizas + barrera de</p>	2	4.566,00	9.132,00

luz, sinfín D = 85 mm en el eje, motor de descarga de 0,37 kW almacén de transferencia,					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
sinfín vertical 1,5 m, D= 115 mm sin eje, cabezal descendente + motor, tubo de caída 1m.					
1.4.1.2	Ud.	Depósito de cenizas galvanizado de 240 L	2	980,00	1.960,00
TOTAL, CAPITULO					20.363,24
1.5	INSTALACIONES				
1.5.1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
1.5.1.1	Ud.	Instalación de líneas de conexionado entre los equipos de campo y los cuadros eléctricos y terminales, así como bus de comunicación se incluye la acometida de fuerza a los cuadros y unidades terminales, desde módulo de contaje situado al límite de la parcela totalmente instalado	1	7.126,90	7.126,90
1.5.1.2	Ud.	Instalación eléctrica en interior, con conexión desde cuadro general a todos y cada uno de los equipos instalados en sala de calderas y silo en Biomasa. Suministro e instalación de línea de cable trif. empotrada, formada por cables unipolares con conductores de cobre ES07Z1-K (AS) 5x16 mm² siendo su tensión asignada 450/750 V bajo tubería y protección flexible corrugado de PVC con IP 545, de 25 mm de diámetro. Incluso p/p de accesorios, elementos de sujeción.	1	3.680,00	3.680,00
	Ud.	Unidades de tomas de corriente monofásicas de 32 A, estanca (IP55), instaladas en los puntos indicados por la dirección facultativa totalmente instaladas.	6		
	Ud.	Unidades de luminaria estanca de 1276x170x 100 mm para 2 lámparas fluorescentes TL de 36 W con cuerpo de poliéster reforzado con fibra de vidrio; reflector interior de chapa de acero acabado termo esmaltado de color blanco; difusor de metacrilato; balasto magnético; Protección IP 65 y rendimiento > 65%. Incluso lámparas, totalmente instaladas en la localización indicada por dirección.			

Ud. Interruptores, conmutadores y pulsadores 10 A,					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		bipolar para alumbrado colocado a 1,50 m del suelo, en la caja superficie, totalmente instalados en número y localización indicadas por la dirección facultativa.			
	Ud.	Unidades de punto de luz de emergencia E de 70 lm, incluido el aparato autónomo de 6W de consumo, instalado en cable de cobre con aislamiento 750 V de 1,5 mm2 de sección, UNE 21031, aislado con tubería de PVC flexible corrugado de 13 mm, incluso p.p de interruptor automático magnetotérmico de circuito de protección de línea y registro empotrado totalmente conexiada y comprobada.	2		
1.5.1.6	Ud.	Cuadro de contaje, formado por caja clase II XL3 125 de 300 mm de alto 450 mm de ancho 150 mm de fondo, con puerta plana plástica IP40 IK09, RAL9003, para instalación en superficie con capacidad para contener, todos los elementos de protección necesarios según el esquema eléctrico, DPX3, DX3 y TX3, repartidores, complementos modulares y señalizadores, terminales, bornes voltímetros, amperímetros, frecuencímetros, conmutadores seta de parada de emergencia y mano de obra.	1	6.951,45	6.951,45
TOTAL, CAPITULO					17.758,35
1.5.2	INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
1.5.2.1	Ud.	Depósito de inercia homologado de 16000 L de acero al carbono y aislado, para una presión máxima de 6 bar. Aislamiento térmico con lana mineral para garantizar un aislamiento térmico según RITE y terminación en chapa de aluminio. Totalmente instalado y funcionando.	1	13.280,00	13.280,00
1.5.2.2	Ud.	Vaso de expansión cerrado 1000 litros, para una presión máxima de 6 bar, para instalación de calefacción y ACS, con membrana no recambiable y precargado a una presión de 3,5 bar con membrana recargable.	1	1.957,00	1.957,00

1.5.2.2	Ud.	Vaso de expansión cerrado 80 L, para una presión máxima de 6 bar, para instalación de calefacción y ACS, con membrana no	2	167,00	334,00
		RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA			
		PRESUPUESTO			
		CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR			

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		recambiable y precargado a una presión de 3,5 bar con membrana recargable			
1.5.2.3	Ud.	Circulador para instalación de calefacción marca Sedical, modelo SIP 50/120,2-1.1/K SVI	2	2.708,00	5.416,00
1.5.2.4	Ud.	Circulador para instalación de calefacción marca Sedical, modelo SIP SDP 40/145.1-1.1/K SVI	1	5.529,00	5.529,00
1.5.2.5	Ud.	Circulador para instalación de calefacción marca Sedical, modelo SIP SDP 65/185.2-4.0/K SVI	1	10.460,00	10.460,00
1.5.2.6	Ud.	Circulador para instalación de calefacción marca Sedical, modelo SIP SDP 65/185.2-4.0/K SVI	1	10.460,00	10.460,00
1.5.2.7	Ud.	Línea de llenado de la instalación formada por 2 válvulas de bola de 1 1/4", 1 válvula de retención de 1 1/4", 1 válvula reductora de presión totalmente instalada, incluido material accesorios	1	680,63	680,63
1.5.2.8	Ud.	Termómetro horizontal de inmersión para instalar en tubería con escala de 0º a 120ºC	6	37,81	226,86
1.5.2.9	Ud.	Purgador de aire automático, presión máxima de 6 bar y temperatura máxima de 115 ºC	7	40,84	285,88
1.5.2.10	Ud.	Válvula de tres vías motorizada de 3" con servomotor proporcional, totalmente instalado/pequeño material y accesorios	2	983,73	1.967,46
1.5.2.11	Ud.	Válvula de tres vías motorizada de 6" con servomotor proporcional, totalmente instalado/pequeño material y accesorios	1	1.998,92	1.998,92
1.5.2.12	Ud.	Válvula de seguridad de 5 bar de 2" colocada incluso con embudo de descarga y conectada a red de saneamiento enterrada	3	181,50	544,50
1.5.2.13	Ud.	Válvula de mariposa PN-16 de 3" instalada i/pequeño material y accesorios	8	94,38	755,04
1.5.2.14	Ud.	Válvula de esfera PN-10 de 4" instalada i/pequeño material y accesorios	8	110,11	880,88
1.5.2.15	Ud.	Filtro en Y para conexión roscada PN-16 de 3" totalmente instalado	3	85,36	256,08

1.5.2.16	Ud.	Filtro en Y para conexión roscada PN-16 de 4" totalmente instalado	3	102,00	306,00
		RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA			
		PRESUPUESTO			
		CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR			

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
1.5.2.17	Ud.	Válvula de retención PN 10/16 de 3" totalmente instalada	3	27,00	81,00
1.5.2.18	Ud.	Válvula de retención PN 10/16 de 4" totalmente instalada	2	123,42	246,84
1.5.2.19	Ud.	Tubería acero negro soldada DIN 2440 de 2 1/2" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios. totalmente instalada Aislamiento con coquilla de espuma caucho sintético espumado para tuberías de 3" color negro, para aplicación en el interior de los edificios, espesor de acuerdo con R.I.T. E Totalmente instalada y funcionando	20	35,00	700,00
1.5.2.20	Ud.	Tubería d acero negro soldada DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada Aislamiento con coquilla de espuma caucho sintético espumado para tuberías de 3" color negro, para aplicación en el interior de los edificios, espesor de acuerdo con R.I.T.E. Totalmente instalada y funcionando	30	82,28	2.468,40
1.5.2.21	Ud.	Machón vaciado y embudo de descarga para colocar en instalación de calefacción	8	45,38	363,04
1.5.2.22	Ud.	Rotulación de tuberías y elementos de la instalación en sala de caldera, con indicación precisa a cuál circuito pertenece o sección. Además, cartel reflejando esquema de funcionamiento de la instalación de calefacción para colgar en una de las paredes de la sala.	1	378,13	378,13
1.5.2.22	Ud.	Contador de energía térmica para calderas totalmente instalado	2	1.151,20	2.302,40
1.5.2.23	Ud.	Colector de acero negro DIN 2440 DN 8" 1 entrada 3 salidas, en instalaciones interiores para calefacción, se incluyen piezas de acero calor fugado con coquilla o plancha de espuma para aplicación en el interior de edificios	2	1.151,92	2.303,84

espesor de acuerdo con el R.I.T.E con color de identificación ida/retorno totalmente instalada.		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
TOTAL, CAPITULO					64.182,86
1.5.3	VENTILACIÓN				
1.5.3.1	Ud.	Aireador de poliestireno de alto impacto de color blanco mate, con caudal de 15-30 m3/h para colocar en huecos de 280x15mm, piezas de remate, instalado homologado según normas UNE.	1	7,48	7,48
1.5.3.2	Ud.	Rejillas de impulsión, simple deflexión con fijación invisible 700x500 y laminas horizontales ajustables individualmente en aluminio extruido instalada homologado según norma UNE y NTE ICI-24/26	2	56,82	113,64
TOTAL, CAPITULO					121,12
1.5.4	SANEAMIENTO				
1.5.4.1	Ud.	Sumidero sifónico de PVC con rejilla de PVC 250x250 mm, con salida vertical de 90-110 mm para recogida de aguas pluviales o de locales húmedos, instalado y conexionado a la red general de desagüe, incluso con p.p de pequeño material de agarre y medios auxiliares sin incluir arqueta de apoyos/CTE HS-5	1	14,60	14,60
TOTAL, CAPITULO					14,60
1.5.5	PLUVIALES				
1.5.5.1	m	Canalón visto de chapa de aluminio lacado de 0,68 mm de espesor de sección cuadrada, con un desarrollo de 400 mm, fijado al alero mediante soportes lacados colocados cada 50 cm y totalmente equipado, incluso con p.p. de piezas especiales y remates finales de aluminio prelacado, soldaduras y piezas de conexión a bajantes, completamente instalado.	12,3	29,46	362,36
1.5.5.2	m	Bajante de aluminio lacado de 80 mm de diámetro con sistema de unión por remaches	27,2	12,50	340,00

y sellado con silicona en los empalmes, con instalación de conexiones a codos.					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
TOTAL, CAPITULO					702,36
1.5.6	SISTEMA CONTRA INCENDIOS				
1.5.6.1	Ud.	Señalización de equipos contra incendios no fotoluminiscente, de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, evacuación salvamento, en aluminio de 0,5 mm de dimensiones 210x297 mm. Medida la unidad instalada.	4	8,68	34,72
1.5.6.2	Ud.	Extintor automático de polvo químico ABC polivalente anti-brasa, de 6 kg de agente extintor con presión incorporado, con soporte manómetro comprobable y rociador en boquilla de apertura automática por temperatura según NORMA UNE medida la unidad instalada	2	32,07	64,14
1.5.6.3	Ud.	Extintor de polvo químico ABC polivalente anti-brasa de 25 kg de agente extintor con botellón de CO2 como agente impulsor con ruedas y manguera con difusor según norma UNE. Medida la unidad instalada.	1	155,76	155,76
TOTAL, CAPITULO					254,62
1.5.7	SISTEMA DE CONTROL Y GESTION DE LA RED				
1.5.7.1	Ud.	Sistema de seguimiento y gestión con todos los parámetros monitoreados en equipos a instalar con acceso a alarmas y averías gestión informatizada del servicio mantenimiento. Compuesto por autómatas programables con acceso a través de interfaz web con regulación y control de la sala de calderas Controlador CENTRA Web PLUS o equivalente comprobado, incluidos los siguientes 1 tarjeta Lon Works para CentraWen Plus, Central IF-LON, 1 Transformer IF-LON-2. 3 módulos mixtos SXFC3A, con capacidad 4EA Sonda exterior 4ED, 2SA Y 4SD, 1 AUTF / NTC20K. 10 sondas de inmersión en agua con funda KNTF / NTC20K / 150. 2 interruptores de flujo SW1	1	16.184,95	16.184,95

1 transductor de presión 6 bares Opción gráfica para CentyraWebPlus600 capacidad autónoma de regulación y control					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		conexión al bus BACnet y al servidor web con funciones de tiempo, calendario Alimentación de datos a 220V ~. Montaje en panel sobre carril DIN. Instalado y conectado, con elementos periféricos, como sondas de cambio de fuerza otros elementos de la instalación incluyendo Alimentación comunicación de bus de expansión, terminales para programas de carga de conexión en las Estaciones de Control e identificación de ellos. Programación, control de bucles de regulación de la conexión de los elementos de campo en la estación y creación de la hoja de prueba. Comprobación de entradas / salidas. Completamente instalado Incluye tuberías y líneas de conexión con todo el equipo para monitorear sondas de temperatura requeridas, sonda de presión y módem / enrutador. Incluye suministro y colocación de marco comando y protección, Superficie grado de protección material aislante IP44 Completo con interruptores termomagnéticos y diferenciales en piso. Totalmente instalado. Incluye transporte, montaje y puesta en servicio			
TOTAL, CAPITULO					16.184,95
TOTAL, CAPITULO					99.217,95
1.6		MOBILIARIO			
1.6.1	Ud.	Mesa de ordenador de madera aglomerada recubierta de chapa con acabado nogal oscuro barnizado con tapa extraíble sobre rieles de teclado de metal 1300x600x830 milímetro	1	151,40	151,40
1.6.1.1	Ud.	Silla aplicable con asiento medular cuadrado bastón de marco de metal	1	60,94	60,94
1.6.1.2	Ud.	Fregadero de recipiente de porcelana blanca 65x51 cm colocado con pedestal y con anclajes en la pared con un grifo, un jet-breaker, incluso Válvula de drenaje de 32 mm, Soporte y tubos cromados de 1/2 " 20 cm y 1/2 "flexible instalado y funcional	1	121,69	121,69

1.6.1.3	Ud.	Inodoro de porcelana de color, tanque bajo serie normal, colocado utilizando tacos de pared y tornillos en el suelo incluso sellado con	1	225,37	225,37
		RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA			
		PRESUPUESTO			
		CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR			

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
con silicona y compuesto de taza, tanque bajo tapa y mecanismos y asiento con tapa lacada, con bisagra de acero, incluso con llave cuadrada cromada de 1/2 " y Manguera flexible de 20 cm y 1/2 " instalado y funcionando.					
TOTAL, CAPITULO					559,40
2	RED DE DISTRIBUCIÓN				
2.1	TUBERIAS PREAISLADAS				
2.1.1	m	Tubería de acero preaislada de diámetro 125/225 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldad preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envolvente de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que, junto con la unidad, analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorios, codos, té, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles almohadillas de dilatación cintas de señalización, soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando	20	65,60	1.312,00
2.1.2	m	Tubería de acero preaislada de diámetro 100/200 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldad preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envolvente de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que, junto con la unidad, analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de	168	57,19	9.607,92

accesorios, codos, tes, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles almohadillas de dilatación cintas de señalización		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		<p>soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando</p> <p>Tubería de acero preaislada de diámetro 65/140 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldadura preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envoltorio de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que junto con la unidad analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorio codos, tes, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles almohadillas de dilatación, cintas de señalización, soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando</p> <p>Tubería de acero preaislada de diámetro 50/125 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldadura Preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envoltorio de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que junto con la unidad, analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorios, codos, tes, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles almohadillas de dilatación cintas de señalización, soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando</p> <p>Tubería de acero preaislada de diámetro 40/110 Logstor serie 1 o equivalente comprobado</p>	<p>1.058</p> <p>1.206</p> <p>40</p>	<p>32,49</p> <p>29,24</p> <p>27,98</p>	<p>34.374,42</p> <p>35.263,44</p> <p>1.119,20</p>

según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldad preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		<p>envolvente de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que, junto con la unidad, analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorio codos, té, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles almohadillas de dilatación, cintas de señalización, soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando</p> <p>Tubería de acero preaislada de diámetro 32/110 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldad preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envolvente de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que, junto con la unidad, analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorios, codos, tes, reducciones, kits de empalme, terminales termo retráctiles, almohadillas de dilatación cintas de señalización soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando</p> <p>Tubería de acero preaislada de diámetro 20/90 Logstor serie 1 o equivalente comprobado según UNE EN 253 dimensiones según ISO 4200 calidad según UNE EN 10217 soldad preaislada con espuma rígida de poliuretano y un robusto envolvente de polietileno de alta densidad. La espuma se encuentra ligada a los otros elementos formando en conjunto un único material compuesto. La tubería incorpora dos hilos de cobre, que junto con la unidad</p>	634	28,57	18.113,38
			28	26,98	755,44

analógica o digital, conforman el sistema de detección de fugas. Incluyendo p.p de accesorios, codos, tes, reducciones, kits de					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		empalme, terminales termo retractiles, almohadillas de dilatación cintas de señalización soporte, material de apoyo, transporte y descarga en obra totalmente instalada en zanja y funcionando			
TOTAL, CAPITULO					100.545,80
2.2		RED DE CANALIZACIONES			
2.2.1	m	Corte de cualquier tipo de pavimento efectuado con máquina cortadora	3.154	12,74	40.181,96
2.2.2	m	Excavación de zanja en todo tipo de terreno con retrocargador para una profundidad de 1,5 metros incluso selección de material de excavación y su empleo en el tapado de zanja Carga directa sobre camión basculante y transporte a vertedero de material sobrante	1.577	18,06	28.480,62
2.2.3	m³	Cama de arena de rio lavada	200	20,52	4.104,00
2.2.4	Ud.	Materiales para reposición de pavimento bordillos y rigolas a su estado original	1	11.017,05	11.017,05
2.2.5	Ud.	Arqueta prefabricada registrable de hormigón en masa con refuerzo de zuncho perimetral de 70x70x70 cm medidas interiores completas con tapa y marco de hormigón y formación de agujeros para conexión de tubos	33	156,17	5.153,61
TOTAL, CAPITULO					88.942,24
3		SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO			
3.1		SUBESTACIÓN CAMPO DE FÚTBOL			
		Subestación de intercambio térmico para una potencia de 150 kW, incorpora contador de energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4" dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor	1	8.492,99	8.492,99
		Todo el conjunto se suministrará montado			

sobre bastidor metálico con patas niveladoras					
y aislamiento térmico a base de coquilla de					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		<p>alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje.</p> <p>Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general.</p> <p>Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos, aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 4", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno.</p> <p>Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.</p>			
3.2		<p>SUBESTACIÓN PISCINA</p> <p>Subestación de intercambio térmico para una potencia de 360 kW, incorpora contador de Energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4" dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor</p> <p>Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje.</p> <p>Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del</p>	1	16.985,98	16.985,98

primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general. Aproximadamente 20 metros de tubería de		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
3.3		<p>acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 4", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.</p> <p>SUBESTACIÓN VESTUARIOS PISCINA</p> <p>Subestación de intercambio térmico para una potencia de 90 kW, incorpora contador de Energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 2" dos filtros de 2", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor</p> <p>Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje.</p> <p>Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general.</p> <p>Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 2" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para</p>	1	6.019,00	6.019,00

aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno.		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
3.4		Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.			
		SUBESTACIÓN RESIDENCIA DEPORTIVA			
		Subestación de intercambio térmico para una potencia de 52 kW, incorpora contador de energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 2" dos filtros de 2", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje. Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general. Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 2" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calo figurado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno. Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.	1	5.135,00	5.135,00
3.5		SUBESTACIÓN PAV-2			
		Subestación de intercambio térmico para una potencia de 150 kW, incorpora contador de	1	8.492,00	8.492,00

energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4" dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
3.6		<p>manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor</p> <p>Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje.</p> <p>Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general.</p> <p>Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calo figurado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificio, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno.</p> <p>Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.</p>			
		<p>SUBESTACIÓN PABELLÓN 1</p> <p>Subestación de intercambio térmico para una potencia de 69 kW, incorpora contador de energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4", dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor</p> <p>Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de</p>	1	5.235,00	5.235,00

<p>alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje. Se incluye el conexionado en la sala de calderas</p>		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		<p>del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general.</p> <p>Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera /caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno. Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.</p>			
3.7		<p>SUBESTACIÓN PISTAS FÚTBOL</p> <p>Subestación de intercambio térmico para una potencia de 16 kW, incorpora contador de Energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 2", dos filtros de 2", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor</p> <p>Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje.</p> <p>Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele</p>	1	2.489,00	2.489,00

gestión y control general. Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4"		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
3.8		para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno. Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.			
		SUBESTACIÓN PABELLÓN ESCALADA			
		Subestación de intercambio térmico para una potencia de 69 kW, incorpora contador de energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4", dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje. Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general. Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma Elastómera /caucho sintético Espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada	1	5.235,00	5.235,00

y con color de identificación ida/retorno. Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.		
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA	
	PRESUPUESTO	
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR	

N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
3.9		SUBESTACION PABELLÓN ATLETISMO			
		Subestación de intercambio térmico para una potencia de 150 kW, incorpora contador de Energía térmica, intercambiador de placas desmontables, cuatro llaves de corte de 4", dos filtros de 4", dos anti vibratorios, cuatro manómetros, cuatro termómetros, cuatro picajes para cuatro sondas de temperatura y una válvula de equilibrado dinámico con servomotor Todo el conjunto se suministrará montado sobre bastidor metálico con patas niveladoras y aislamiento térmico a base de coquilla de alta densidad y terminación en aluminio con cierre de fácil montaje. Se incluye el conexionado en la sala de calderas del edificio y al equipo electrónico de regulación formado por controlador, transformador y 4 sondas de temperatura de inmersión con el control del aporte térmico mediante actuación sobre el regulador de caudal del primario y la conexión al sistema de tele gestión y control general. Aproximadamente 20 metros de tubería de acero negro soldada tipo DIN 2440 de 4" para soldar, i/codos, tes, manguitos aislamiento según normativa y demás accesorios totalmente instalada calorifugado con coquilla de espuma elastómera/caucho sintético espumado para tubería de 2", color negro, para aplicación en el interior de edificios, espesor según RITE totalmente instalada, terminada y con color de identificación ida/retorno. Subestación totalmente instalada, conectada con sala de calderas existente y funcionando.	1	8.492,99	8.492,99
TOTAL, CAPITULO					66.576,97
4		GESTIÓN DE RESIDUOS			
4.1		Gestión de residuos que incluyen a pie de obra los residuos de construcción y/o demolición separándolos en las siguientes fracciones: hormigón, cerámicos, metales, maderas,	1	2.513,17	2.513,17

plásticos, vidrios, papeles, cartones y residuos peligrosos, dentro de la obra en la que se produzcan con medios manuales y/o dumper					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
		para su aprovechamiento en caso de tierras para el acondicionamiento de la parcela o en el caso de otros residuos no aprovechables para carga en contenedor de 6m³ y su transporte a distancia máxima de 10 km a centro de valorización o eliminación de residuos considerando el tiempo de espera para la carga a máquina en obra, ida, descarga, vuelta y coste del vertido.			
TOTAL, CAPITULO					2.513,17
5	SEGURIDAD Y SALUD				
5.1	INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR				
5.1.1	Ud.	Botiquín de urgencia para obra con los contenidos mínimos obligatorios Ordenanza general de seguridad e higiene RD 486/1997 de fecha 14 de abril, por lo que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.	1	92,34	92,34
5.1.2	Ud.	Reposición de material de botiquín de urgencia	1	67,07	67,07
5.1.3	Ud.	Caseta prefabricada para almacén de obra de 12 m² estructura de acero galvanizado cubierta y cerramiento lateral de chapa trapezoidal de 0,7 mm reforzada con perfiles de acero, interior prelacado, suelo de aglomerado hidrófugo de 19 mm puerta de acero de 1 mm de 0,80 x 2 m Entregada y recogida del módulo con camión	1	148,51	148,51
TOTAL, CAPITULO					307,92
5.2	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL				
5.2.1	Ud.	Casco de seguridad, con arnés homologado Res 14/12/1974 por lo que se aprueba la norma técnica reglamentaria de cascos de seguridad no metálicos RD 1627/1997	10	2,84	28,40
5.2.2	Ud.	Protectores auditivos con arnés a la nuca Res: 18/7/1975 BOE 30/12/1975 Por lo que se aprueba la norma técnica reglamentaria	10	5,23	52,30

MT-2 sobre los protectores auditivos.					
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio €	Importe €
5.2.3	Ud.	Mono de trabajo de una pieza de poliéster- algodón RD 773/1997 de fecha 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.	10	21,36	213,60
5.2.4	Ud.	Par de botas altas de goma para protección frente al agua, homologado según la normativa de M. T	10	9,64	96,40
5.2.5	Ud.	Cinto de seguridad de sujeción homologado amortizable en 4 usos, RD 773/1997 de fecha 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Es 28/7/1975 BOE, por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-3 sobre equipos para pantallas para soldadores.	5	21,99.	109,95
5.2.6	Ud.	Par de botas de seguridad con refuerzo metálico en la puntera homologadas según normativa de M.T.	10	14,86	148,60
5.2.7	Ud.	Par de guantes de lona y cerraje	10	1,95	19,50
5.2.8	Ud.	Traje de agua color verde tipo ingeniero amortizable en uso	10	25,80	258,00
TOTAL, CAPITULO					926,75
6	RESUMEN DE PRESUPUESTO				
1	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
1.1	OBRA CIVIL				
1.1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				971,25
1.1.2	INFRAESTRUCTURAS Y ACOMETIDAS				
1.1.2.1	DRENAJE, SANEAMIENTO				4.873,73
1.1.2.2	ALUMBRADO EXTERIOR				2.341,45
1.1.3	URBANIZACIÓN				
1.1.3.1	VALLADOS Y ACCESOS				4.841,15
1.1.3.2	PAVIMENTOS Y FIRMES				5.973,90
1.1.4	CIMENTACIÓN				7.161,31
1.1.5	ESTRUCTURAS				24.463,76
1.1.6	ALBAÑILERIA				238,50

1.1.7	FACHADA				9.078,00
1.1.8	CUBIERTA				6.230,00
	RED DE CALOR DISTRICT HEATING CTE AMPOSTA				
	PRESUPUESTO				
	CENTRAL DE GENERACIÓN DE CALOR				
N.º de orden	Unidades	Descripción de unidad de obra	Medición	Precio	Importe
1.1.9		REVESTIMIENTOS			
1.1.9.1		FALSO TECHO			213,19
1.1.9.2		PARAMENTOS			2.824,48
1.1.9.3		PAVIMENTOS			2.823,78
1.1.10		CARPINTERIAS			3.034,70
1.2		CALDERAS			165.288,00
1.3		SILO			39.358,00
1.4		EVACUACION DE HUMOS			20.363,23
1.5		INSTALACIONES			
1.5.1		INSTALACION ELECTRICA			17.758,35
1.5.2		INSTALACION HIDRAULICA SALA DE CALDERAS			64.182,86
1.5.3		VENTILACION			121,12
1.5.4		SANEAMIENTO			14,60
1.5.5		PLUVIALES			702,36
1.5.6		SISTEMA CONTRA INCENDIOS			254,62
1.5.7		SISTEMA DE CONTROL Y GESTION			16.184,95
1.6		MOBILIARIO			559,40
2		RED DE DISTRIBUCION			
2.1		TUBERIAS PREAISLADAS			100.545,80
2.2		RED DE CANALIZACION			88.942,24
3		SUBESTACIONES DE INTERCAMBIO			
3.1		SUBESTACION CAMPO DE FUTBOL			8.492,99
3.2		SUBESTACION PISCINA			16.985,98
3.3		SUBESTACION VESTUARIOS PISCINA			6.019,00
3.4		SUBESTACION RESIDENCIA DEPORTIVA			5.135,00
3.5		SUBESTACION PAV-2			8.492,00
3.6		SUBESTACION PABELLÓN 1			5.235,00
3.7		SUBESTACIÓN VESTUARIOS FUTBOL			2.489,00
3.8		SUBESTACION ESCALADA			5.235,00
3.9		SUBESTACION ATLETISMO			8.492,00
		TOTAL, SUBESTACIONES			66.575,97
4		GESTION AMBIENTAL			
4.1		GESTION DE RESIDUOS			2.513,17
5		SEGURIDAD Y SALUD			
5.1		INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR			307,92
5.2		EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL			926,75
		TOTAL, EJECUCIÓN MATERIAL			717.752,51
		13% Gastos Generales			93.307,82
		6% Beneficio industrial			43.065,15
		TOTAL, EJECUCIÓN POR CONTRATA			854.125,48
		Gastos Proyecto			14.999,98
		TOTAL, PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN			869.125,46

Presupuesto para conocimiento de la administración

La cuantía del presupuesto base de licitación, asciende a la cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL CIENTO VEINTICINCO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CENTIMOS (869.125,46 €).

Se ha de aplicar al presupuesto base de licitación el 21 % de I.V.A de CIENTO OCHENTA Y DOS MIL QUINIENTOS DIECISÉIS EUROS CON TREINTA Y CUATRO CENTIMOS (182.516,34 €).

Por lo tanto, valor final del presupuesto, para conocimiento de la administración es el siguiente:

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	869.125,46 €
I.V.A 21 %	182.516,34 €
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	1.051.641,80 €

El presupuesto para conocimiento de la administración, de las obras incluidas en el presente proyecto es de UN MILLON CINCUENTA Y UN MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CENTIMOS (1.051.641,80 €).

Amposta, a 20 de enero de 2020

El Autor del Presupuesto

Firmado: Luis Felipe Ramírez Gamboa

Ingeniero Técnico Industrial